

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 058**

51 Int. Cl.:

**G01C 21/30** (2006.01)

**G01C 21/36** (2006.01)

**G06K 9/00** (2012.01)

**G01C 21/00** (2006.01)

**G01C 21/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2020 E 20161069 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.02.2022 EP 3875908**

54 Título: **Navegación de un vehículo y dispositivo de guía de pistas virtual**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.05.2022**

73 Titular/es:

**SICK AG (100.0%)  
Erwin-Sick-Strasse 1  
79183 Waldkirch, DE**

72 Inventor/es:

**SCHOPP, PATRICK;  
STEDER, BASTIAN y  
FISCHER, FABIAN**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 912 058 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

Navegación de un vehículo y dispositivo de guía de pistas virtual

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la navegación de un vehículo y a un dispositivo de guía de pistas virtual para un vehículo según el preámbulo de la reivindicación 1 o bien 11.

10 Un procedimiento de navegación convencional para vehículos de transporte sin conductor (AGV, *Automated Guided Vehicle*) se basa en una guía de pistas a través de una pista física o línea guía. La pista está adherida por ejemplo como banda ópticamente detectable o como banda magnética en el suelo o se ha admitido en el suelo y se detecta por medio de sistemas de sensores adecuados, por ejemplo una cámara o un sensor de efecto Hall. Un sensor de guía de pistas de este tipo proporciona la respectiva distancia al centro de la pista, y con esta información se regula la conducción de manera que el vehículo sigue continuamente la pista.

15 Las pistas encastradas en el suelo pueden modificarse solo con gran esfuerzo y por lo tanto se utilizan cada vez con menos frecuencia. Si bien las pistas adheridas pueden modificarse de manera más sencilla, estas están expuestas a una alta carga durante el funcionamiento de la instalación. Mediante el desgaste y el ensuciamiento pueden producirse entonces fallos en el control, o bien el vehículo ya no puede conducirse posteriormente en la pista predeterminada hasta que el personal de servicio haya suprimido los defectos.

20 Como alternativa a una guía de pista se conocen procedimientos de navegación que se basan en una detección de contornos sin contacto del entorno. Los contornos naturales en los cuales el vehículo se orienta y localiza pueden complementarse o reemplazarse en todas las partes o en puntos críticos mediante reflectores instalados expresamente. Un mapa necesario con informaciones de contorno del entorno se crea previamente o se forma durante la navegación (SLAM, *Simultaneous Localisation and Mapping*). En este caso el vehículo debe encontrar su camino automáticamente mediante planificación de ruta. Esto es mucho más complejo y más laborioso que el procedimiento con guía de pista anteriormente mencionado. En el caso de averías de la planificación de ruta es necesario utilizar personal especializado cualificado.

30 Para combinar las desventajas de la flexibilidad de la navegación libre con la planificación de ruta sencilla del guiado en el estado de la técnica se proponen sistemas de navegación que pueden denominarse sistemas de guiado virtuales. A este respecto el vehículo en una fase de aprendizaje o de adaptación recorre una pista física y se genera un mapa del entorno. La pista memoriza el sistema virtualmente como banda de conducción o trayectoria. En una fase de funcionamiento sin pistas, el vehículo navega con ayuda de una medición de contorno del entorno y del mapa en la trayectoria especificada de modo que la pista antes física actúa ahora como pista virtual. El destino posterior de la pista física carece de importancia. Este proceder tiene el encanto de una conversión especialmente sencilla dado que la pista física presente se transfiere. El sistema de guiado virtual puede dar incluso las mismas instrucciones de control al control de vehículo como anteriormente el sensor de guiado sustituido.

40 Un sistema de guía de pistas virtual de este tipo se ha descrito por ejemplo en la solicitud de patente alemana publicada posteriormente con el número de registro 10 2019 123 659.2. Por el documento EP 3 167 342 B1 se conoce un procedimiento de seguimiento de pistas y de conversión virtual para vehículos autónomos. El documento EP 2 818 954 A2 divulga un vehículo de transporte sin conductor y un procedimiento para planificar una pista virtual. A este respecto, sin embargo la pista virtual se planifica desde el principio en solo un ordenador. El documento WO 45 2018/051081 A1 trata de la adaptación de un vehículo AGV que sigue las pistas.

50 En el caso del cambio de un sistema de guía de pistas físicas existe la expectativa de que la navegación funcione de manera tan robusta como la anterior. La localización por medio de sensores de contorno es sin embargo más compleja y con ello en primer lugar más propensa a fallos. Un factor de influencia esencial sobre la exactitud y robustez de la localización es el ajuste del contorno registrado en cada caso con respecto al mapa. A este respecto pueden producirse dificultades desde el principio o en el transcurso del funcionamiento: Posiblemente, el mapa era en el sitio del ajuste de siempre impreciso o defectuoso. Del mismo modo es concebible que el entorno se haya modificado desde la creación del mapa. En otro ejemplo se ha falsificado el contorno registrado actualmente, ya que se encuentra un objeto movido frente a contornos cartografiados.

55 Hasta un cierto grado pueden tolerarse influencias de este tipo. Sin embargo, si estas se vuelven demasiado grandes, queda reflejado en un ajuste defectuoso y con ello en un fallo en la estimación de la posición. También es posible con algunas técnicas ignorar un ajuste con respecto al mapa y predecir por ejemplo la posición actual a partir de un historial, o por medio de otro sistema de sensores como el número de revoluciones de las ruedas determinar una posición. Esto es posible sin embargo solo para ciertas fases, dado que se acumulan entonces fallos de localización.

60 Hasta ahora ni se evalúa la calidad del propio mapa a lo largo de la trayectoria prevista del vehículo ni se comprueba a su debido tiempo lo bien que funciona entonces el respectivo ajuste con el mapa. Solo en la aplicación productiva se hace notable una localización insuficiente, ya sea porque el vehículo ya no puede orientarse o porque elige incluso un camino falso.

Por el documento US 2016/0275667 A1 se conoce un procedimiento para la determinación de posición. A este respecto se miden contornos desde el entorno y de ahí se extraen características geométricas que se comparan con una recopilación de contornos conocidos almacenada como base de datos de huellas digitales. Pueden probarse varios contornos conocidos y se averigua la posición mediante un contorno conocido de la base de datos de huellas digitales si para ello un grado de coincidencia es suficientemente alto.

El documento US 2010/0061591 A1 trata de un dispositivo de reconocimiento de objetos para un vehículo. A partir de un mapa se conocen las posiciones de objetos diana. Por medio de una posición propia estimada el vehículo fija una zona de separación, en la que se buscan los objetos diana para reducir el esfuerzo de evaluación. La respectiva posición propia puede indicarse en un mapa.

El documento DE 10 2007 006 870 A1 divulga un sistema de evaluación de mapas de un dispositivo de navegación de un vehículo. El vehículo determina a este respecto en primer lugar su posición absoluta por ejemplo por medio de GPS.

Por el documento JP H04 329308 A1 se conoce una pantalla de visualización del conductor, en la que se representa la posición determinada actualmente del vehículo. Para que el conductor pueda estimar cómo de fiable es esta posición, se le indica esto con la posición, por ejemplo mediante color, luminosidad o forma de una marca de posición.

Por tanto, el objetivo de la invención es permitir una navegación fiable.

Este objetivo se soluciona mediante un procedimiento para la navegación de un vehículo y un dispositivo de guía de pistas virtual para un vehículo según la reivindicación 1 o bien 11. El vehículo navega a lo largo de una trayectoria predeterminada, que se predetermina mediante una pista. Con un sensor de detección de contornos se detecta un contorno del entorno respectivo del vehículo. El contorno es en particular una nube de puntos, en general una nube de puntos 3D, que sin embargo se limita por ejemplo a un plano y con ello puede ser efectivamente solo una nube de puntos 2D, como en el caso de un escáner láser de medición de distancia. Por medio de este contorno se determina la posición o bien pose propia del vehículo. A este respecto se entiende en este caso una pose no como posición 6D, sino que se detecta solo la orientación del vehículo en uno a tres grados de libertad. La posición se separa conceptualmente de la pose y puede estar determinada igualmente en uno a tres grados de libertad, en particular como posición monodimensional a lo largo de la pista, como posición bidimensional por ejemplo en una sala o también como posición tridimensional, por ejemplo para tener en cuenta diferencias de altura, construcciones de puentes o varias plantas.

La invención parte de la idea básica de evaluar la fiabilidad correspondiente a la exactitud de medición de una respectiva pose y/o posición. Para ello se determina una medida de la calidad o fiabilidad y esta se asigna a la posición respectiva a lo largo de la pista.

La invención tiene la ventaja de que se vuelven distinguibles aquellas ubicaciones en las que es probable un fallo de la localización y, como consecuencia, de la navegación. Esto es el caso en particular en todas partes en las ubicaciones o posiciones a lo largo de la pista, en las que no funciona de manera eficaz el ajuste del contorno registrado con informaciones de referencia, por ejemplo, en un mapa. Los puntos débiles de la localización se advierten ya antes de la aplicación productiva del vehículo y también durante el funcionamiento de la instalación. Esto permite tomar medidas correspondientes de manera anticipada y así se eleva la disponibilidad del vehículo.

La pista es una pista virtual que se ha aprendido en particular a partir de una pista física. Inicialmente hay según esto una pista física, tal como una pista óptica o magnética en el suelo. A partir de esto se aprende una pista virtual que existe, por consiguiente, solo en forma de datos correspondientes. La pista virtual puede modificarse de manera meramente virtual y en principio puede especificarse también de manera meramente virtual, por ejemplo con ayuda de una interfaz gráfica de usuario sobre un ordenador de configuración. Mediante el aprendizaje sobre la base de una pista física, como ya se ha explicado al principio, la adaptación a una solución de navegación con sensores de detección de contornos se simplifica considerablemente.

La navegación en la trayectoria especificada se realiza preferiblemente mediante correcciones respectivas de la pose del vehículo en la dirección hacia la pista. Las instrucciones de control concretas con las que la posición se corrige se corresponden con la regulación de un sistema de guiado convencional con pista fija. Esto facilita aún más una conversión dado que el control de vehículo en última instancia obtiene las mismas informaciones o instrucciones que antes.

Previamente se crea un mapa, en el que se han introducido informaciones de contorno del entorno de la pista. Esto se realiza en particular en al menos una conducción de aprendizaje o de referencia a lo largo de la pista, durante la cual se mide de manera continua el respectivo contorno, y estos contornos se combinan entonces para dar el mapa. A este respecto, la navegación todavía no puede realizarse con un sistema de guiado convencional mediante una

pista física. Un modo de proceder preferido en el cartografiado se ha descrito en la solicitud de patente alemana ya mencionada anteriormente con el número de registro 10 2019 123 659.2, a la que se hace referencia en su totalidad.

Para obtener el mapa se ha almacenado preferiblemente al menos un contorno de referencia con respecto a una posición y/o pose del vehículo, en particular con una medida de incertidumbre de la posición y pose. Existe según esto un punto de referencia o preferiblemente muchos puntos de referencia en el mapa, que vinculan una posición o pose conocida con un contorno conocido, tal y como el sensor de detección de contornos los registra durante el cartografiado. En estos puntos de referencia puede orientarse la medida de fiabilidad.

La pose y/o posición se determina preferiblemente mediante una superposición de un contorno registrado y al menos un contorno de referencia. Durante la superposición o coincidencia se hacen coincidir lo mejor posible los dos contornos que van a compararse, que se encuentran en particular en cada caso como nubes de puntos. A este respecto se estima qué pose y/o posición en comparación con la situación de referencia proporciona esta coincidencia mejor posible. Ejemplos de algoritmos de coincidencia adecuados son una estimación de mínimos cuadrados, sin bien son también concebibles procedimientos aleatorios tales como RANSAC (Random Sample Consensus) y otros, en particular aquellos que se usan en SLAM. La comparación de contornos puede realizarse con el siguiente contorno de referencia, pero también con varios contornos de referencia en la proximidad, en donde entonces se usa de nuevo por ejemplo la mejor coincidencia o una compensación estadística.

La medida de fiabilidad se determina preferiblemente por un grado de solapamiento o coincidencia del contorno actual y el contorno de referencia. Esta medida de fiabilidad se basa en la idea de que un solapamiento de alto grado indica una asignación robusta y un solapamiento bajo ofrece esencialmente más espacio para errores y confusiones. Es concebible que determinadas secciones de contorno obtengan un peso distinto. En particular pueden obtener las mediciones sobre reflectores una influencia claramente más alta.

La medida de fiabilidad se determina preferiblemente como tasa, de la frecuencia con que el grado de solapamiento en caso de distintas comparaciones del contorno actual y contorno de referencia en una posición sobrepasa un grado mínimo. Esta medida de fiabilidad designada también tasa de coincidencia combina para una mejor estadística varias comparaciones de contorno, que se basan por ejemplo en contornos registrados varias veces desde la misma posición o varias conducciones a lo largo de la pista. Se cuenta con qué frecuencia proporciona la comparación de contorno una coincidencia de alto grado. El resultado se normaliza entonces preferiblemente y da como resultado una tasa de coincidencia con valores entre cero y uno.

La medida de fiabilidad se determina preferiblemente a partir de una distancia a una posición y/o pose, en la que el contorno actual y el contorno de referencia podían coincidir aún en un alto grado. Esto es una medida de fiabilidad consultada como alternativa o adicionalmente. Si una comparación de contorno no proporciona un buen resultado, el impacto es tanto mayor cuanto más alejada esté la posición correspondiente de la estimación última fiable, ya que para distancias cortas puede compensarse aún la localización defectuosa, por ejemplo mediante extrapolación. Sin embargo, cuanto más larga sea esta distancia, más fuertemente se suman los errores. La última posición y/o pose fiable no debe fijarse forzosamente a una coincidencia de alto grado del contorno medido y el contorno de referencia. Por ejemplo puede leerse allí un código de posición, pueden detectarse reflectores o el vehículo ha realizado con éxito una determinada etapa de trabajo, que es posible sobre todo solo en una determinada posición.

La medida de fiabilidad se representa preferiblemente para al menos una posición a lo largo de la pista. Con ello se vuelve distinguible la medida de fiabilidad en relación al lugar con respecto a la pista para el personal de servicio o de mantenimiento. Es imaginable no asignar la medida de fiabilidad una a una a la posición correspondiente. Por ejemplo podría formarse y representarse una medida de fiabilidad promedio por una determinada proximidad en la pista, en particular con peso decreciente dependiendo de la distancia.

Se representa un mapa que muestra posiciones de la pista y correspondientes medidas de fiabilidad. A este respecto se prefiere especialmente un mapa con toda la pista, que se amplía por secciones también en caso necesario. El mapa puede presentar características de orientación adicionales, en particular los contornos de entorno. Una posibilidad de representación consiste en mostrar de manera codificada con color o en gris la propia pista de manera correspondiente a la respectiva medida de fiabilidad. Como alternativa se indican valores numéricos, en particular en cada caso a petición en una superficie de usuario gráfica haciendo clic a una determinada posición en la pista o como un efecto Mouse-Over.

Preferiblemente se identifican posiciones en las que la medida de fiabilidad indican medidas de mejora. Esto puede realizarse automáticamente mediante un filtro sencillo que marca zonas de la pista en las que la medida de la fiabilidad queda por debajo de un valor mínimo. Con ello se advierte al personal sobre puntos débiles en los que debería respaldarse la navegación. Las medidas de mejora adecuadas pueden seleccionarse por el personal de mantenimiento, sin bien pueden proponerse también de manera automática o incluso pueden realizarse automáticamente, en particular tras una liberación. Algunos ejemplos de medidas de mejora son: añadir reflectores en el entorno o posicionarlos nuevamente, añadir contornos de referencia o registrarlos nuevamente, colocar códigos de posición o una parte de una pista física, registrar al menos partes de un mapa con informaciones de contorno del entorno o registrarlos nuevamente. Algunas de estas medidas, tal como la colocación de reflectores, no

pueden automatizarse, pero pueden respaldarse perfectamente. Así, puede desplazarse, por ejemplo, el vehículo a la posición de mantenimiento y dar indicaciones. El registro de nuevos contornos de referencia o el cartografiado al menos parcialmente nuevo por el contrario puede realizarse de manea automática, probablemente incluso sin interrupción durante el desarrollo de funcionamiento habitual.

La medida de fiabilidad se determina preferiblemente en el contexto de una puesta en funcionamiento y/o durante la navegación. En una determinación en el contexto de una puesta en funcionamiento puede evaluarse ya previamente si será posible probablemente un funcionamiento sin rozamiento, y dado el caso aún puede interponerse y mejorarse. Durante el funcionamiento puede facilitar el vehículo correspondientes datos de diagnóstico a petición, incluso puede generarlos de manera cíclica o continua y/o puede requerirlos para que el personal compruebe los datos de diagnóstico o bien tome medidas de mejora propuestas.

En un perfeccionamiento ventajoso se facilita un dispositivo de guía de pistas virtual para un vehículo, en particular un vehículo sin conductor, que presenta un sensor de detección de contornos para la detección de un contorno de un entorno del vehículo y una unidad de control y de evaluación, en la que está implementado un procedimiento de acuerdo con la invención. La unidad de control y de evaluación puede estar distribuida de manera prácticamente discrecional en el sensor de detección de contornos, un aparato propio, el dispositivo de control del vehículo o también un sistema de mayor relevancia, tal como un dispositivo de control de la instalación o la nube.

La invención se explica en más detalle a continuación también en cuanto a otras características y ventajas a modo de ejemplo por medio de formas de realización y en relación con los dibujos adjuntos. Las figuras de los dibujos muestran en:

la figura 1 una representación esquemática de un vehículo con sensor de medición de contornos que navega a lo largo de una pista virtual;

la figura 2 un mapa a modo de ejemplo con contornos del entorno de la pista;

la figura 3 una representación esquemática de distintas poses durante la navegación, así como de puntos de referencia en la zona de la pista;

la figura 4 un mapa con representación de una fiabilidad de la estimación de la posición y pose a lo largo de la pista, en donde la fiabilidad se ha medido como tasa de coincidencia; y

la figura 5 un mapa similar a la figura 4, en donde la fiabilidad se ha medido ahora como distancia a la última posición y pose registrada de manera verificada.

La figura 1 muestra en una vista en planta esquemática un vehículo 10 que navega a lo largo de una pista 12. El vehículo 10 presenta un sensor 14 de detección de contornos que está representado en este caso como escáner láser. El escáner láser emite haces de barrido 16 en direcciones diferentes y mide la distancia con respecto a un punto objeto explorado en cada caso con un procedimiento de tiempo de propagación de luz (TOF, *Time of Flight*). Como alternativa a un escáner láser o lidar es concebible otro sensor 14 de detección de contornos que se base, por ejemplo, en una cámara 3D, en particular estereocámara, cámara de tiempo de ejecución de luz o cámara de sección luminosa, un radar o ultrasonido. Varios sensores 14 de detección de contornos pueden complementarse entre sí para una zona de visión mayor o visión panorámica.

Una unidad 18 de control y evaluación está conectada con el sensor 14 de detección de contornos para evaluar sus datos de medición de contorno y controlar el procedimiento de navegación que va a escribirse aún. La unidad de control y de evaluación 18 está de nuevo en conexión de comunicación con un control de vehículo 20. El control de vehículo 20 actúa sobre las ruedas 22 o sus ejes para acelerar, frenar y desviar el vehículo. A la inversa, el control de vehículo 20 puede obtener de las ruedas 22 también informaciones de sensor. La unidad de control y de evaluación 18 puede estar implementada al menos parcialmente en el sensor 14 de detección de contornos. Igualmente ha de entenderse también la clara separación de la unidad 18 de control y de evaluación y del control de vehículo 20 solo a modo de ejemplo.

El vehículo 10 navega en una forma de realización preferida en primer lugar en una fase de aprendizaje con ayuda de sensores de guía de pistas no mostrados, en sí conocidos, que detectan una pista física 12. A este respecto el sensor 14 de detección de contornos está activo y genera informaciones de contorno del entorno de la pista 12 que pueden combinarse para formar un mapa. En el funcionamiento posterior puede prescindirse de la pista física 12 y sustituirse por la pista virtual 12 que indica únicamente todavía la trayectoria deseada. La navegación se realiza entonces mediante una localización de la posición y/o pose del vehículo 10 por medio de una comparación de informaciones de contorno detectadas actualmente con el sensor 14 de detección de contornos y del mapa. Ha de recordarse que el término pose se usa en este caso solo para la orientación del vehículo 10 sin inclusión de la posición. La unidad 18 de control y de evaluación puede generar, también mediante la pista virtual 12 y las informaciones de contorno, datos de control similares para el control de vehículo 20 al igual que previamente con el sensor de guiado procedente de la pista física 12. El principio de un sensor de guiado virtual que se ha explicado en

este caso solo como resumen con la creación de un mapa y localización y navegación posteriores mediante el mapa se describe exhaustivamente en la solicitud de patente alemana con el expediente 10 2019 123 659.2.

La figura 2 muestra un ejemplo de un mapa del contorno 24 en el entorno de la pista 12. Un mapa de este tipo surge a partir de numerosas mediciones del sensor de medición de contornos 14 en distintas posiciones a lo largo de la pista 12, en donde los contornos individuales se componen para formar el contorno 24.

Los puntos de referencia 26 simbolizan mediante el triángulo representado las poses del vehículo 10 durante un desplazamiento de cartografía. El contorno detectado en cada caso en el punto de referencia 26 se almacena como contorno de referencia con la correspondiente posición y pose. Adicionalmente la unidad 18 de control y evaluación puede memorizar una incertidumbre de la posición o bien pose. Cuando se selecciona una red adecuadamente densa de puntos de referencia 26 y se transforman los contornos de referencia en un sistema de coordenadas común, entonces resulta de esto el contorno 24 completo mostrado en la figura 2 como una representación consistente del entorno en forma de una nube de puntos.

La figura 3 ilustra otra vez la navegación a lo largo de la pista 12. El vehículo 10 está representado en varias posiciones con una línea, que se corresponde con una pose allí determinada. De igual manera están mostrados varios puntos de referencia 26, que se acaban de explicar en la figura 2. Una elipse circundante representa las respectivas incertidumbres.

La localización se basa en un ajuste de contornos medidos y conocidos. En una forma de realización ventajosa comprende la navegación dos etapas, concretamente una predicción y una corrección. La primera etapa de la predicción no es en este caso de especial importancia. A este respecto se establece el contorno de una posición de partida como key frame, en el que el vehículo se orienta 10 hasta que el key frame ya no puede observarse de manera suficiente y se sustituye por el contorno actual. A este respecto crecen por resonancia las incertidumbres paulatinamente, las elipses que representan incertidumbres se vuelven cada vez más grandes. Son concebibles procedimientos complementarios para atenuar las incertidumbres, tal como una predicción a partir del historial actual de movimiento, que usan por ejemplo filtros de Kalman o el uso de otro sistema de sensores que detectan por ejemplo la posición y/o la velocidad de giro de las ruedas 22.

La segunda etapa es una corrección por medio de los puntos de referencia 26, con la que se realiza un ajuste con respecto al mapa. A este respecto, tras cada etapa de predicción no tiene que realizarse una etapa de corrección, sino que pueden realizarse varias etapas de predicción, antes de realizarse una etapa de corrección. Para ello se compara el contorno registrado actualmente del sensor 14 de medición de contornos con el contorno de referencia ("coincidencia de escaneo"). Un algoritmo de coincidencia de escaneo de este tipo se conoce en sí. Como valores de partida obtiene el algoritmo de coincidencia de escaneo dos contornos, por ejemplo en forma de nubes de puntos 2D o 3D, en un sistema de coordenadas común, tal como coordenadas del vehículo. Entonces se busca la transformación, con la que se minimizan las distancias geométricas entre los respectivos puntos. El resultado de esta comparación de contornos es según esto una transformación óptima, que hace coincidir de la mejor manera posible los dos contornos. Esta transformación se usa entonces para corregir la pose del vehículo. Esto se realiza en la figura 3 dos veces y se muestra mediante líneas 28. La incertidumbre se reduce debido a la corrección. La corrección puede someterse aún a una prueba de plausibilidad.

El ajuste puede realizarse también con respecto a varios contornos de referencia. Se usan preferiblemente siempre el siguiente o los siguientes contornos de referencia. En la comparación de contornos puede concederse un peso más alto a reflectores reconocidos, que están colocados en el entorno, que a contornos con remisión normal. Los contornos con remisión normal resultan de objetos naturales, tal como por ejemplo edificios, estanterías, paredes y similares, mientras que los reflectores pueden estar colocados explícitamente solos para una mejor localización. Esto puede elevar la robustez el sistema, dado que los reflectores permiten una asociación especialmente segura entre la estructura cartografiada y el escaneo registrado.

Tal como se ha mencionado ya, es el resultado primario del algoritmo de coincidencia de escaneo una transformación óptima, cuya aplicación sobre el contorno actual produce una coincidencia mejor posible con el contorno de referencia. Como otro resultado se evalúa sin embargo también la calidad de la coincidencia. Esto puede medirse a partir de las distancias que quedan de las dos nubes de puntos, pero también a partir de la proporción con la que se solapan los dos contornos. El solapamiento se vuelve más pequeño cuando el contorno de referencia se reconoce de nuevo solo parcialmente en el contorno actual. Esto puede tener distintas causas. Por ejemplo, la perspectiva durante el registro del contorno actual se diferencia fuertemente de la que tenía el vehículo 10 durante el cartografiado en el registro del contorno de referencia; un objeto extraño ensombrece el contorno de referencia al menos parcialmente o el entorno se ha modificado.

Cuando el solapamiento es demasiado bajo, aumenta la probabilidad de que la transformación óptima calculada presente fallos sistemáticos. Esto conduciría a una localización distorsionada de manera correspondiente y con ello a una posible divergencia de la posición y pose del vehículo. Por tanto se descartan preferiblemente resultados de coincidencia de escaneo que presentan un solapamiento por debajo de un cierto grado mínimo, en donde el grado está determinado por ejemplo con un umbral establecido.

El grado de solapamiento puede consultarse ahora al mismo tiempo para formar una medida de fiabilidad para identificar zonas de la pista 12, en las que es menos fiable la navegación o bien en las que ha de contarse con fallos o incluso una avería. Una medida de fiabilidad concebible es directamente el propio grado de solapamiento. Algo más robusta, ya que se basa en más mediciones, es una denominada tasa de coincidencia. Con ella se analiza el número de coincidencias de escaneo descartadas debido al bajo solapamiento. A lo largo de la trayectoria del vehículo 10 se almacena un uno cuando un contorno medido pudo usarse para el ajuste con el mapa, es decir el solapamiento con el contorno de referencia era suficientemente grande, y en caso contrario un cero. La tasa de coincidencia se forma ahora como valor medio de un determinado número de contornos medidos y concretamente contornos registrados de posiciones adyacentes a lo largo de la pista 12 y/o contornos registrados sucesivamente en varias conducciones a lo largo de la pista 12. La tasa de coincidencia es según esto un número entre cero = ningún contorno tenía suficiente solapamiento y pudo usarse para una corrección y uno = todas las mediciones tenían suficiente solapamiento y se usaron para el ajuste con el mapa.

La figura 4 muestra ahora un mapa con la pista 12, para cuyas posiciones se muestra de manera codificada con color la medida de fiabilidad determinada en cada caso para esta posición. La medida de fiabilidad es en este caso a modo de ejemplo la tasa de coincidencia introducida del mismo modo. En lugar de una codificación con color son posibles igualmente otras representaciones, por ejemplo la indicación como patrón o con ayuda de valores numéricos. Una alta tasa de coincidencia indica que en este caso la localización funciona tal como estaba previsto. Por el contrario, una baja tasa de coincidencia indica zonas en las que podría estar alterada la robustez y la exactitud.

En las ubicaciones con baja fiabilidad, el operador de la instalación puede recurrir o bien a otra técnica de navegación, en particular mediante seguimiento de una pista física 12, o puede tomar medidas, con las que se mejore la fiabilidad y en este caso en medida seleccionada la tasa de coincidencia, en particular el ajuste con el mapa. Medidas concebibles es la colocación de reflectores, la separación de objetos perturbadores o un nuevo cartografiado. El vehículo 10 puede realizar esto último también de manera autónoma, en donde para ello se alcanza preferiblemente aún una liberación. La unidad 18 de control y evaluación puede respaldarse con la colocación de reflectores y la separación de objetos al menos de manera automática, realizándose una correspondiente indicación que puede comprender también sitios de colocación adecuados de reflectores o bien una designación exacta del objeto perturbador.

Para generar un mapa tal como el de la figura 4, el vehículo 10 en una carrera de prueba, en particular ya durante o inmediatamente tras el cartografiado, recorre su trayectoria prevista a lo largo de la pista 12, mide contornos y determina la correspondiente medida de fiabilidad. En lugar de esto, o de manera complementaria, puede determinarse la medida de fiabilidad también de manera cíclica, bajo petición o de manera continua en el funcionamiento regular. El análisis se realiza fuera de línea, o las medidas de fiabilidad con respecto a la posición se emiten ya de manera continua en particular durante el funcionamiento. Mediante esto puede observarse a tiempo una degeneración crítica.

El cálculo de una tasa de coincidencia es concebible también de otra manera distinta al uso de la condición de solapamiento mencionada. Esta forma de la tasa de coincidencia es un indicador preferido y puede calcularse fácilmente cuando ya en el marco de la navegación deben realizarse correcciones solo de coincidencias de escaneo suficientemente buenas. Sin embargo son concebibles otros modos de proceder para evaluar lo bien que se adapta el contorno actual a la respectiva posición en el mapa.

La figura 5 muestra un mapa de manera similar a la figura 4, aunque con otra medida de fiabilidad. Con ello debe ilustrarse además que de ningún modo tiene por qué usarse forzosamente la tasa de coincidencia usada en la figura 4. En la figura 5 se determina, en lugar de la tasa de coincidencia, la distancia, preferiblemente la distancia recorrida a lo largo de la pista 12, a partir de la última posición y pose conocida de manera fiable. De manera fiable se conoce una posición y pose en particular en el sentido anterior, cuando la coincidencia de escaneo consigue un alto solapamiento. Como alternativa pueden obtenerse sin embargo también posiciones y poses verificadas de otro modo, por ejemplo mediante códigos de posición, que se detectan por un lector de códigos ópticos o lector RFID del vehículo 10, o porque el vehículo 10 alcanza una determinada posición de trabajo unívoca y, por ejemplo, ha descargado o cargado algo.

La distancia a una posición y pose verificada es por tanto una buena medida de fiabilidad, ya que la localización presenta en trayectorias cortas también mediante predicción únicamente aún fallos relativamente pequeños. Solo en caso de deriva más grande es necesaria de manera urgente una corrección por ejemplo mediante el ajuste con el mapa, tal como se ha explicado anteriormente con respecto a la figura 3. Puede resumirse esto de modo que con un mapa según la figura 4 por medio de una tasa de coincidencia puede reconocerse de manera más exacta dónde es necesaria una contramedida, mientras que un mapa según la figura 5 por medio de una distancia a una posición verificada cuantifica mejor cómo de urgente debería tomarse una contramedida. Esto ilustra que puede ser útil evaluar varias medidas de fiabilidad.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la navegación de un vehículo (10), en el que con un sensor (14) de detección de contornos se detecta un contorno de un entorno del vehículo (10), por medio del contorno se determina una posición y/o pose del vehículo (10) y se determina una medida de fiabilidad, en donde se crea previamente un mapa, en el que se han introducido informaciones (24) de contorno del entorno de una pista (12),  
5 **Caracterizado por que** el vehículo navega guiado por una pista virtual (12) a lo largo de una trayectoria predeterminada, por que la medida de fiabilidad indica la exactitud de la determinación de la posición y/o la pose, se asigna a una posición a lo largo de la pista (12) y se representa en forma de un mapa que muestra  
10 posiciones de la pista (12) y correspondientes medidas de fiabilidad, de modo que se vuelvan distinguibles aquellas posiciones en las que es probable un fallo de la localización y como consecuencia de la navegación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,  
15 en donde la pista (12) es una pista virtual que se aprende a partir de una pista física.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,  
en donde la navegación en la trayectoria predeterminada se realiza mediante correcciones respectivas de la pose del vehículo en la dirección hacia la pista (12).  
20
4. Procedimiento según la reivindicación 1,  
en donde para obtener el mapa se ha almacenado al menos un contorno de referencia con respecto a una posición y/o pose del vehículo (10), en particular con una medida de incertidumbre de la posición y pose.
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 4,  
en donde la pose y/o posición se determina mediante una superposición de un contorno registrado y al menos un contorno de referencia.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5,  
en donde la medida de fiabilidad se determina a partir de un grado de solapamiento o coincidencia del contorno actual y el contorno de referencia.
7. Procedimiento según la reivindicación 6,  
en donde la medida de fiabilidad se determina como tasa de la frecuencia con que el grado de solapamiento  
35 en caso de distintas comparaciones del contorno actual y contorno de referencia en una posición sobrepasa un grado mínimo.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7,  
en donde la medida de fiabilidad se determina a partir de una distancia a una posición y/o pose, en la que el  
40 contorno actual y el contorno de referencia podían coincidir aún en un alto grado.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
en donde se identifican posiciones en las que la medida de fiabilidad indica medidas de mejora, en particular proponiéndose y/o tomándose automáticamente al menos una de las siguientes medidas de mejora: añadir reflectores en el entorno o posicionarlos nuevamente, añadir contornos de referencia o registrarlos nuevamente, colocar códigos de posición o una parte de una pista física, registrar al menos partes de un mapa con informaciones de contorno del entorno o registrarlos nuevamente.  
45
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
50 en donde la medida de fiabilidad se determina en el contexto de una puesta en funcionamiento y/o durante la navegación.
11. Dispositivo de guía de pistas virtual para un vehículo (10), en particular vehículo sin conductor, con un sensor (14) de detección de contornos para la detección de un contorno (24) de un entorno del vehículo (10) y con una unidad (18) de control y evaluación,  
55 **caracterizado por que** en la unidad (18) de control y de evaluación está implementado un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

Figura 1

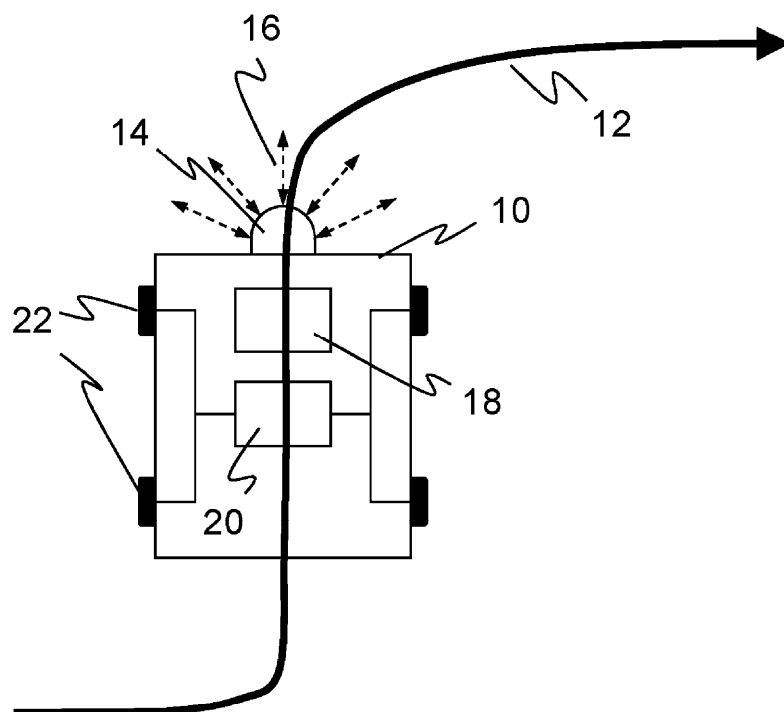


Figura 2

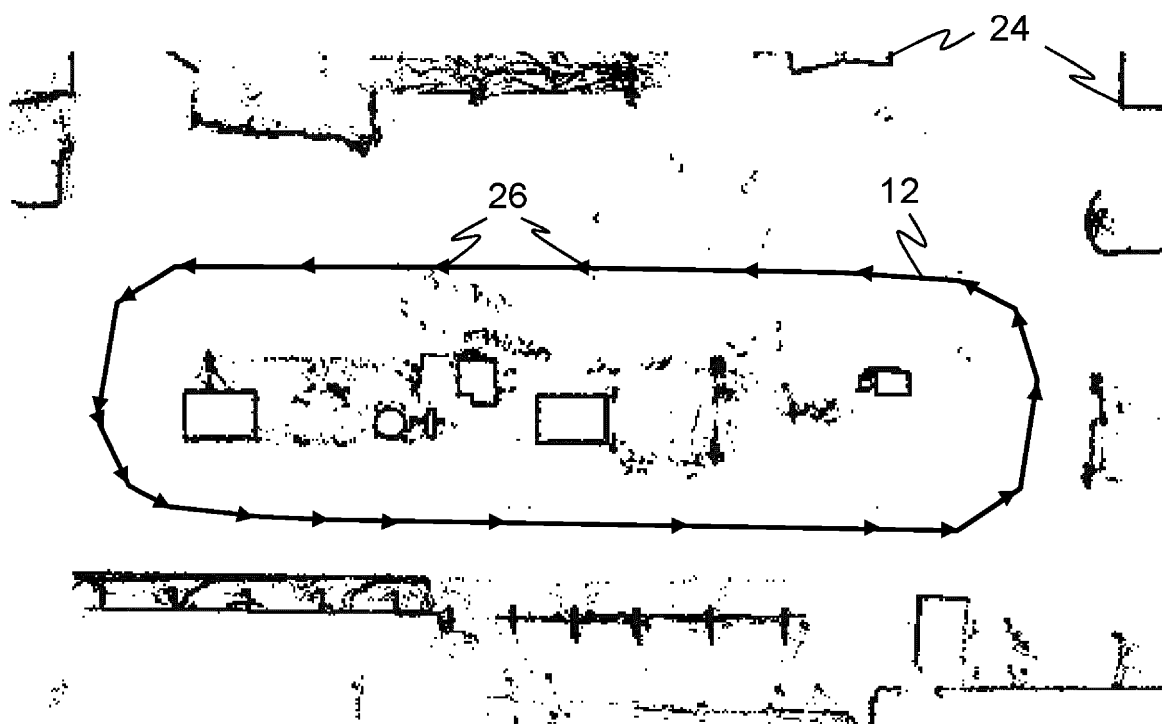


Figura 3

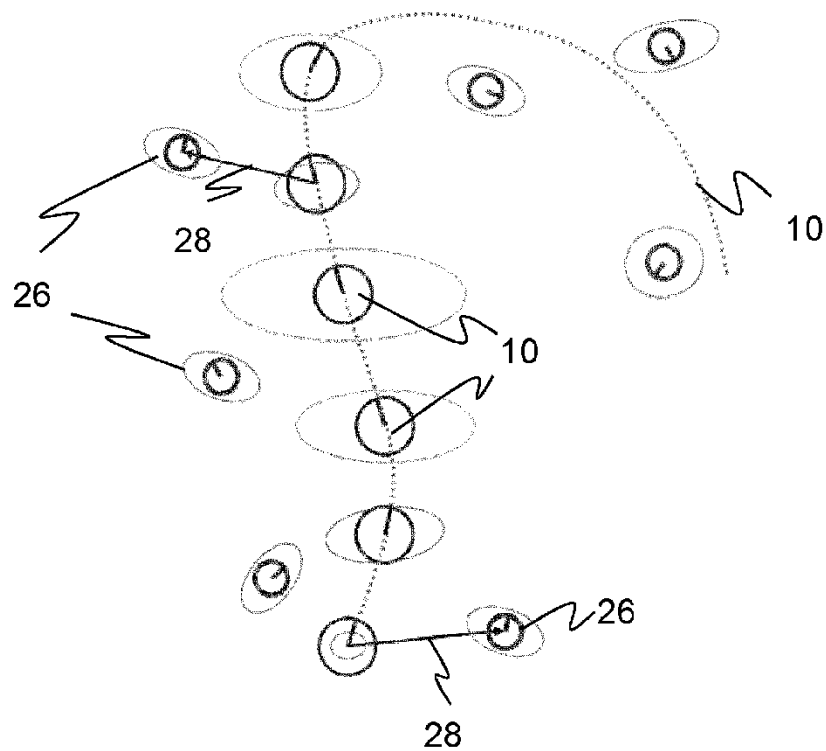


Figura 4

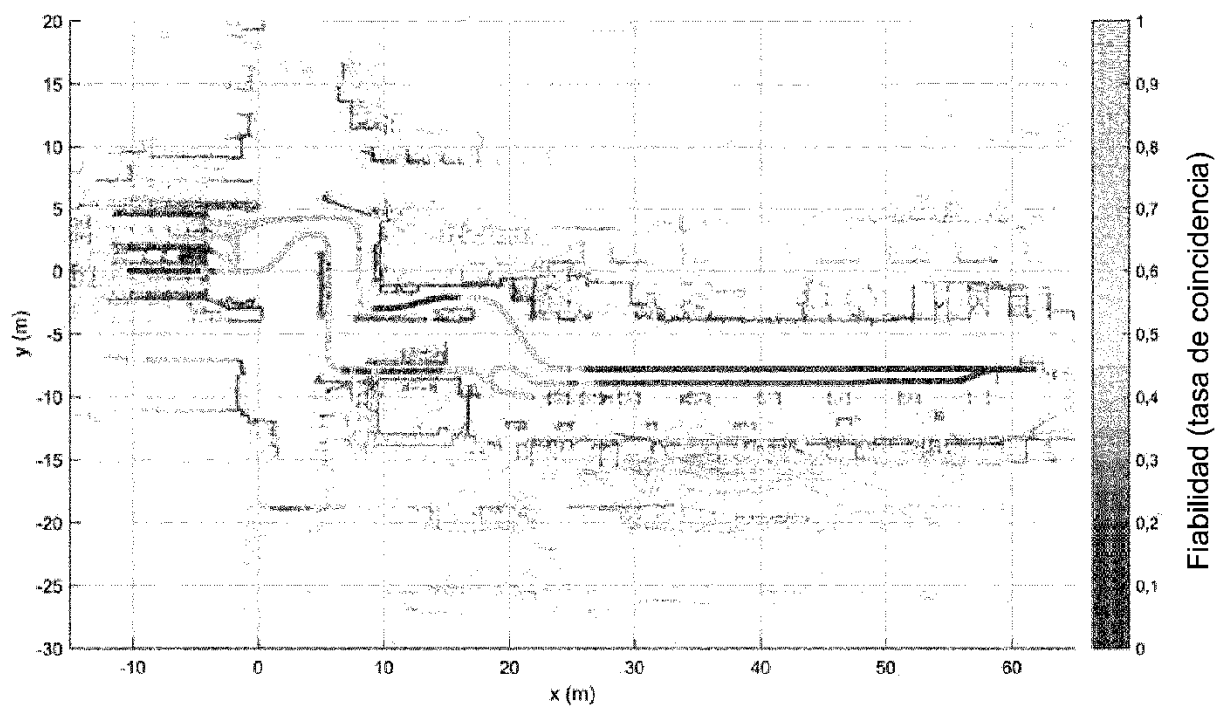


Figura 5

