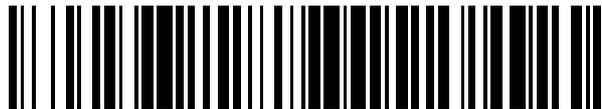


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 990**

51 Int. Cl.:

H04N 5/232 (2006.01)

G01B 11/275 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2011 PCT/IB2011/000955**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011 WO11138662**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2011 E 11728660 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2567189**

54 Título: **Sistema y método relacionado para determinar la alineación de rueda de vehículo**

30 Prioridad:

05.05.2010 IT TO20100377

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

12.04.2019

73 Titular/es:

SPACE S.R.L. CON UNICO SOCIO (100.0%)

Vía Sangano 48

Trana, IT

72 Inventor/es:

CERRUTI, PIERO y

MANGANELLI, FAUSTO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 708 990 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método relacionado para determinar la alineación de rueda de vehículo

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un sistema y método relacionado para determinar la alineación de rueda de vehículo.

10 Antecedentes de la invención

Se conocen sistemas para determinar la alineación de rueda de vehículo, en particular para un vehículo de motor, que permiten la medición automática de uno o varios ángulos característicos de las ruedas, por ejemplo, los ángulos de convergencia e inclinación, con el fin de comprobar la correcta alineación recíproca de las ruedas. De hecho, como es conocido, la alineación incorrecta puede producir un desgaste excesivo o no uniforme de los neumáticos y también origina problemas de conducción y de estabilidad del vehículo.

En general, los sistemas para determinar la alineación de rueda de vehículo están configurados para detectar la orientación del plano de cada rueda con respecto a un solo conjunto de tres ejes ortonormales tomados como referencia (se deberá indicar que el "plano de la rueda" se considera el plano en el que está la superficie lateral exterior de la rueda), con el fin de poder tomar acciones correctivas adecuadas para restablecer la alineación recíproca de las ruedas.

En particular, algunos sistemas contemplan el uso de elementos de detección de los ángulos característicos, o en cualquier caso adecuados elementos sensibles, directamente conectados a las ruedas del vehículo mediante dispositivos de montaje especiales (denominados "pinzas"), con el fin de identificar la geometría de la configuración; en este caso, hay que tener mucho cuidado al montarlos en las ruedas para no dañar partes delicadas.

Otros sistemas sacan del vehículo el punto de observación, con el fin de definir un sistema de referencia fijo con respecto al de la configuración, mediante la observación de variaciones angulares de las ruedas a través de uno o varios dispositivos de adquisición de imágenes no limitados por la orientación del vehículo. En particular, algunos sistemas contemplan colocar los dispositivos de adquisición de imágenes directamente en el elevador de coche (capaces de elevar el vehículo bajo observación de manera conocida); otros sistemas contemplan colocar los mismos dispositivos de adquisición de imágenes en estructuras fijas o independientemente móviles, situadas a distancia y libres con respecto tanto al vehículo como al elevador de coche. En el primer caso, los dispositivos de adquisición de imágenes siguen los movimientos del elevador de coche, pero, a causa de esto, deben compensar dinámicamente la distorsión; en el segundo caso, los dispositivos de adquisición de imágenes deben bloquearse sobre el elevador de coche mediante movimientos controlados con el fin de permanecer apuntando a las ruedas, pero no tienen que compensar la distorsión.

En general, tales sistemas usan objetivos adecuados montados en las ruedas del vehículo con el fin de resaltar su rotación y posición en el espacio.

En particular, los objetivos tienen una superficie plana que ilustra imágenes bidimensionales de varias formas que pueden ser reconocidas por los dispositivos de adquisición de imágenes. Un dispositivo de procesamiento acoplado a los dispositivos de adquisición de imágenes realiza generalmente la denominada operación de "mejor ajuste" en las geometrías de las imágenes bidimensionales identificadas en una superficie generalmente plana que forma parte del objetivo real y las imágenes bidimensionales que los dispositivos de adquisición de imágenes proporcionan en su sistema de referencia. Esta operación permite determinar dinámicamente la orientación espacial del objetivo y, por lo tanto, definir rotaciones y traslaciones elementales relativas al movimiento lineal y angular de cada rueda dentro de un solo sistema de referencia (por ejemplo, el sistema de referencia del vehículo). Posteriormente, estas rotaciones y traslaciones elementales, oportunamente enlazadas, se usan para la definición de rotaciones y traslaciones más complejas adicionales que se refieren más específicamente a las características de configuración y alineación del vehículo.

Por ejemplo, WO 2008/143614 A1 describe un sistema de determinación de alineación que contempla el uso de objetivos conectados a las ruedas de un vehículo. Cada objetivo está formado por un conjunto de elementos objetivo bidimensionales (en particular, que tienen forma de círculos), dispuestos en múltiples planos, mutuamente paralelos uno a otro o que forman un ángulo preestablecido. El sistema permite la identificación de los elementos objetivo en sus planos asociados a partir de las imágenes adquiridas y la implementación de algoritmos de "mejor ajuste", por ejemplo, el algoritmo matemático de los cuadrados mínimos, para determinar la orientación de los objetivos con respecto a un sistema de referencia.

Sin embargo, tampoco esta solución se aparta de las tradicionales, puesto que mantiene un acercamiento analítico típicamente bidimensional (por medio de la operación de mejor ajuste, es decir, una solución matemática y no una geométrica), con respecto al desplazamiento de cada punto individual identificado en las imágenes adquiridas en el

plano asociado con respecto a la configuración del objetivo real. Consiguientemente, ni siquiera esta solución permite un aumento de la resolución de la medición para lograr un tamaño dado de los objetivos.

5 Aunque son ventajosos en ciertos aspectos, los sistemas conocidos tienen el inconveniente de requerir un sistema estéreo para adquisición de imágenes, que implica la presencia de una pluralidad de dispositivos de adquisición de imágenes e imágenes adquiridas para cada objetivo observado. Alternativamente, en el caso de usar un solo dispositivo de adquisición de imágenes, hay que realizar un procedimiento de reconocimiento adecuado para la orientación del objetivo con respecto al único dispositivo de adquisición de imágenes, mediante la observación del objetivo durante movimientos adecuados del vehículo (por ejemplo, hacia delante y hacia atrás, la denominada operación "desalineamiento"), o durante movimientos adecuados del objetivo propiamente dicho.

10 Además, la adquisición de las características geométricas del objetivo bidimensional es difícil cuando la inclinación del objetivo cambia, dando lugar a inconsistencia en la exactitud de las mediciones tomadas.

15 Además, en los sistemas conocidos que contemplan la identificación de elementos objetivo como puntos geométricos en una superficie, la precisión de medición puede ponerse en peligro en el caso donde uno o varios de estos elementos objetivo están ocultos o, en cualquier caso, no pueden ser vistos por los dispositivos de adquisición de imágenes.

20 Por lo tanto, se siente en este campo la necesidad de desarrollar un sistema para determinar la orientación de ruedas de vehículo que proporcione mayor resolución y precisión en las mediciones de ángulo, no contemple la necesidad de realizar maniobras específicas de desplazamiento del vehículo con el fin de identificar la orientación de los objetivos y que también sea de implementación simple y económica.

25 **Descripción de la invención**

El objeto de la presente invención es proporcionar un sistema para determinar la orientación de ruedas de vehículo que resuelve total o parcialmente los inconvenientes indicados y satisface dicha necesidad.

30 Según la presente invención, se facilitan un sistema y un método para determinar la orientación de ruedas de vehículo como se describe respectivamente en las reivindicaciones 1 y 15. Además, según la presente invención, también se ha previsto un producto de programa de ordenador según la reivindicación 19.

35 **Breve descripción de los dibujos**

Para una mejor comprensión de la presente invención, algunas realizaciones preferidas se describirán ahora, puramente a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

40 La figura 1 es una representación esquemática de un sistema de alineación de rueda de vehículo, según un aspecto de la presente invención.

Las figuras 2a y 2b muestran respectivamente una vista en planta y una vista frontal de porciones de un objetivo tridimensional usado en la técnica anterior en el sistema de la figura 1.

45 Las figuras 3a y 3b muestran vistas esquemáticas en perspectiva de un objetivo comparativo acoplado a la rueda de un vehículo, en presencia de ángulos de orientación diferentes de la misma rueda.

La figura 4 representa un diagrama de flujo de las operaciones para determinar la orientación ejecutada por una unidad de procesamiento del sistema en la figura 1 y usada para determinar la configuración de un vehículo.

50 La figura 5 representa un diagrama esquemático relativo a la disposición recíproca de los sistemas de referencia asociados con el objetivo y un dispositivo de captura de imagen, que captura su imagen bidimensional.

Las figuras 6 y 7a-7b son vistas en perspectiva de realizaciones de un objetivo usado en el sistema de la figura 1.

55 La figura 8 representa una vista en perspectiva de otro ejemplo comparativo de un objetivo del tipo activo que puede ser usado en el sistema de la figura 1.

60 Y la figura 9 muestra una representación esquemática de un sistema de alineación de rueda de vehículo, según una realización diferente de la presente invención.

Mejor modo de llevar a la práctica la invención

65 La figura 1 representa un sistema, indicado en conjunto con la referencia 1, para determinar la orientación de las ruedas 2 de un vehículo 3 (representado esquemáticamente). En el ejemplo representado, el vehículo 3 es un vehículo de motor equipado con cuatro ruedas 2, dispuestas en pares respectivamente en los lados izquierdo y

derecho con respecto a un eje longitudinal A del vehículo; el vehículo 3 se representa colocado en un elevador de coche 4, de tipo conocido y representado esquemáticamente.

5 El sistema 1 incluye una pluralidad de objetivos 5, representados esquemáticamente, en número igual al número de ruedas 2, la estructura y la función de cada objetivo 5 se describirán en detalle más adelante, acoplándose mecánicamente a una rueda respectiva 2 por un elemento de montaje o "pinza" (no representada); este elemento de montaje se puede hacer, por ejemplo, como se describe en los Modelos de Utilidad italianos IT-0000254272 e IT-0000254273, presentados por el mismo Solicitante.

10 El sistema 1 también incluye un primer y un segundo dispositivo de captura de imagen 6a y 6b, por ejemplo, que consta de cámaras dispuestas respectivamente en los lados derecho e izquierdo del vehículo 3 con respecto al eje longitudinal A. En particular, el primer dispositivo de captura de imagen 6a está colocado de modo que una zona de visión respectiva incluya las ruedas 2 del lado izquierdo del vehículo 3; de forma similar, el segundo dispositivo de
15 captura de imagen 6b está colocado de modo que una zona de visión respectiva incluya las ruedas 2 del lado derecho del mismo vehículo 3. En particular, los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b están dispuestos con respecto al vehículo 3 y las ruedas asociadas 2 de tal manera que cada objetivo 5 sea visto solamente por uno de estos dispositivos de captura de imagen 6a y 6b.

20 Cada dispositivo de captura de imagen 6a y 6b tiene un sistema de referencia de imagen respectivo SdR_{tel} , definido por un conjunto de tres ejes ortogonales x_{tel} , y_{tel} y z_{tel} , donde los ejes transversales x_{tel} y y_{tel} definen el plano de imagen asociado con las imágenes bidimensionales capturadas por el respectivo dispositivo de captura de imagen 6a y 6b (es decir, el plano en el que las dimensiones de los objetos son evaluadas por el número de píxeles), y el eje ortogonal z_{tel} coincide con el eje óptico del mismo dispositivo de captura de imagen 6a y 6b.

25 En la realización representada, los dispositivos de captura de imagen primero y segundo 6a y 6b se soportan en la misma estructura de soporte 7, incluyendo una traviesa horizontal que soporta los mismos dispositivos de captura de imagen 6a y 6b en sus porciones de extremo; la estructura de soporte 7 está configurada para permitir la colocación automática o manual de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b con respecto al vehículo 3 (o, de manera similar, con respecto al elevador de coche 4). Alternativamente, de manera no representada aquí, los dispositivos de
30 captura de imagen 6a y 6b pueden ser retenidos en respectivas estructuras verticales mutuamente independientes, con la posibilidad, por ejemplo, de deslizar verticalmente pudiendo bloquearse sobre la posición de ajuste del elevador de coche 4, o ser retenidos en el mismo elevador de coche 4 con el fin de seguir sus movimientos.

35 El sistema 1 también incluye un dispositivo de procesamiento 8, por ejemplo, en forma de un ordenador personal o cualquier otro dispositivo informático equipado con un procesador o medio de cálculo similar, conectado operativamente a los dispositivos de captura de imagen primero y segundo 6a y 6b; en particular, el dispositivo de procesamiento 8 está conectado al primer dispositivo de captura de imagen 6a por medio de una primera interfaz de comunicaciones 9a, configurada para implementar transferencia de datos inalámbrica o por cable (usando cualquier técnica conocida), y está conectado al segundo dispositivo de captura de imagen 6b por medio de una segunda
40 interfaz de comunicaciones 9b, también configurada para implementar transferencia de datos inalámbrica o por cable (de nuevo, usando cualquier técnica conocida). Como se describirá en detalle más adelante, el dispositivo de procesamiento 8 está configurado para procesar las imágenes bidimensionales proporcionadas por los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b con referencia a los respectivos sistemas de referencia de imagen, con el fin de determinar las características de orientación espacial de las ruedas 2 del vehículo 3.

45 En la realización representada, el sistema 1 incluye además una estructura de acoplamiento 10, que también se describirá en detalle a continuación, configurada para asegurar que se mantenga una relación de colocación y orientación recíprocas deseadas entre los sistemas de referencia de imagen SdR_{tel} asociados con los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b, de modo que es posible establecer una relación entre las mediciones de ángulo asociadas y determinar así las características de alineación de las ruedas 2 en un solo sistema de referencia común (por ejemplo, el sistema de referencia del vehículo 3).

50 Según un ejemplo comparativo, también con referencia a las figuras 2a y 2b y a las figuras siguientes 3a y 3b, cada objetivo 5 tiene una geometría tridimensional "real" particular, para permitir la identificación de cantidades vectoriales ordenadas según una disposición tridimensional conocida y, en particular, la identificación de un conjunto de tres ejes ortogonales asociados con la orientación del mismo objetivo 5, también identificable procesando una sola imagen bidimensional que se origina a partir de un único dispositivo de captura de imagen (y sin realizar ninguna maniobra de "desalineamiento"). En particular, cada objetivo 5 está compuesto de una pluralidad de elementos objetivo 12, que también tienen una forma tridimensional, dispuestos en conjunto formando la estructura tridimensional del mismo objetivo 5 y que tienen una forma geométrica para permitir la fácil identificación en las imágenes bidimensionales tomadas por los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b. Los elementos objetivo 12 están dispuestos recíprocamente según una configuración geométrica tridimensional definible por medio de una expresión analítica dada (y asociada con una forma geométrica tridimensional "canónica"), describiendo esta expresión analítica la disposición recíproca de estos mismos elementos objetivo.

65

Un ejemplo comparativo de un objetivo 5 se representa esquemáticamente en dichas figuras 2a, 2b y 3a, 3b; en la realización representada, el objetivo 5 está compuesto de dos anillos circulares concéntricos de elementos objetivo 12, dispuestos uno dentro del otro (un primer anillo exterior, de diámetro d_1 , más grande que un segundo anillo interior de diámetro d_2). Los dos anillos circulares están dispuestos en dos planos distintos, mutuamente paralelos y superpuestos, con los respectivos centros O_1 y O_2 separados una distancia h .

En particular, los elementos objetivo 12 son angularmente equidistantes uno de otro a lo largo de la circunferencia del anillo circular respectivo exterior o interior. En el ejemplo representado, el anillo exterior está compuesto, por ejemplo, de doce elementos objetivo 12 (que en dichas figuras 2a y 2b son identificados con referencias numeradas en dirección hacia la izquierda e indicadas como T_i , $1 < i < 12$), mientras que el anillo interior está compuesto de ocho elementos objetivo 12 (estos también numerados en dirección hacia la izquierda en dichas figuras 2a y 2b e indicados como T_i , $13 < i' < 20$); consiguientemente, los elementos objetivo 12 del anillo exterior están dispuestos mutuamente a una primera distancia angular, igual a 30° en el ejemplo, mientras que los elementos objetivo 12 del anillo interior están dispuestos mutuamente a una segunda distancia angular, más grande que la primera e igual a 45° en el ejemplo.

Cada elemento objetivo 12 tiene, como se ha indicado previamente, una forma geométrica tridimensional y, en particular, una forma esférica. Ventajosamente, esta forma esférica asegura que los mismos elementos objetivo 12 mantengan una forma no alterada en imágenes bidimensionales desde cualquier ángulo en que se tomen (dentro de un rango angular dado), siendo de esta forma fácilmente identificables; en particular, el centro geométrico asociado, definido en adelante como el "centro de esfera", es fácilmente identificable en estas imágenes bidimensionales. De hecho, las esferas exhiben características isotrópicas tanto con respecto a la forma como con respecto a la reflexión. Dado que su forma sigue siendo circular, es por lo tanto posible hallar la posición del elemento objetivo individual 12 incluso en el caso donde permanece parcialmente cubierto por otros elementos objetivo debido al ángulo de visión. Además, dada su forma esférica, los reflejos en la superficie producidos por fuentes de luz en el entorno de medición están presentes en todos los elementos objetivo 12 en la misma posición (típicamente central, si la iluminación principal es coaxial al eje óptico de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b); por lo tanto, los efectos debidos a estos reflejos son eliminados fácilmente mediante post-procesamiento.

En particular, es posible asociar un conjunto de tres ejes ortogonales X_{trg} , Y_{trg} y Z_{trg} con el objetivo 5 definiendo un sistema de referencia objetivo SdR_{trg} , cuya orientación espacial corresponde a la orientación de la rueda 2 a la que el mismo objetivo 5 está acoplado integralmente.

En detalle, un conjunto de tres vectores mutuamente ortogonales es identificado dentro del objetivo 5, cada uno alineado a lo largo de un eje ortogonal respectivo X_{trg} , Y_{trg} y Z_{trg} . En particular, un vector ortogonal $v_{z_{trg}}$ es identificado, correspondiente al vector que une los dos centros O_1 y O_2 de los anillos circulares exterior e interior formados por los elementos objetivo 12. A este respecto, se deberá indicar que, en el ejemplo descrito, la disposición de los elementos objetivo 12 en dos anillos concéntricos colocados en dos planos paralelos es ventajosa; de hecho, incluso aunque los dos anillos pueden parecer dos elipses en el plano de imagen, debido a la inclinación del objetivo 5, los centros relacionados O_1 y O_2 siempre son identificables y el vector que une estos centros O_1 y O_2 siempre aparece como el vector ortogonal $v_{z_{trg}}$ asociado con el eje Z_{trg} del objetivo real 5. Se sigue que la determinación del desplazamiento de los centros O_1 y O_2 permite determinar la inclinación de este eje Z_{trg} . Además, el hecho de que las imágenes de las esferas siempre deben ser superponibles en las dos elipses permite detectar y corregir posibles errores cometidos durante el procesamiento de imagen, por ejemplo, los debidos a ruido que puede añadirse inevitablemente a la escena. A este respecto, las posiciones devueltas por el algoritmo de procesamiento de imagen son corregidas de modo que se pongan lo más cerca posible de la elipse que interpola la posición de las esferas para las que el proceso de procesamiento de imagen ha devuelto un error de forma por debajo de un umbral preestablecido. Esta operación de corrección proporciona más estabilidad a la posición de las esferas en el plano de imagen y por lo tanto a la medición. En particular, se ha hallado que la forma esférica de los elementos objetivo 12 es ventajosa a este respecto, permitiendo la aplicación de algoritmos de evaluación de factor de forma (de hecho, la forma de los elementos objetivo 12 debe ser circular en la imagen bidimensional).

Los vectores transversales primero y segundo $v_{x_{trg}}$ y $v_{y_{trg}}$ basados en la posición de elementos objetivo específicos 12 también son identificados dentro del mismo objetivo 5. Por ejemplo, el primer vector transversal $v_{x_{trg}}$ corresponde al vector que une los centros de esfera de los elementos objetivo 12 del anillo circular exterior, indicados con las referencias T4 y T10 en dichas figuras 2a, 2b y 3a, 3b (alineados a lo largo del eje X_{trg}), mientras que el segundo vector transversal $v_{y_{trg}}$ corresponde al vector que une los centros de esfera de los elementos objetivo 12, de nuevo pertenecientes al anillo circular exterior e indicados con las referencias T1 y T7 (alineados a lo largo del eje Y_{trg}); los vectores transversales $v_{x_{trg}}$ y $v_{y_{trg}}$ son así vectores que son ortogonales uno a otro y que están en el plano de los elementos objetivo 12 del anillo circular exterior. En adelante, dichos vectores $v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$ y $v_{z_{trg}}$ se denominarán "vectores objetivo" (puesto que están asociados con la estructura real del objetivo 5).

Con el fin de facilitar la identificación de los elementos objetivo 12 que definen los vectores transversales $v_{x_{trg}}$ y $v_{y_{trg}}$ en las imágenes bidimensionales que son adquiridas de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b, el objetivo 5 puede incluir ventajosamente uno o varios elementos de referencia 14 que indican la orientación, teniendo estos también una geometría tridimensional y en particular una forma esférica, por ejemplo, con un diámetro más pequeño

que los elementos objetivo 12 (de manera que sean fácilmente identificables). En el ejemplo representado en dichas figuras 2a, 2b y 3a, 3b, hay solamente un solo elemento de referencia 14, dispuesto cerca del elemento objetivo 12 indicado con la referencia T13, en el plano del anillo interior circular. Sin embargo, es evidente que el número de elementos de referencia 14 puede variar (y en particular ser más de uno), como también su disposición espacial puede variar. También se pueden usar elementos de referencia adecuados 14, dispuestos en posiciones predeterminadas con respecto a los elementos objetivo 12, para distinguir entre los objetivos 5 asociados con el lado derecho y los asociados con el lado izquierdo del vehículo 3, con respecto al eje longitudinal A.

En alternativa, o incluso adicionalmente, para usar elementos de referencia 14, y de nuevo para la finalidad de facilitar la identificación del conjunto de tres ejes ortogonales X_{trg} , Y_{trg} y Z_{trg} asociados con el objetivo 5, en el sistema 1 se podría usar un código de color, proporcionado en especial, asociado con los elementos objetivo 12 (u otros medios de identificación no ambigua de cada uno de los elementos objetivo 12). Por ejemplo, los elementos objetivo 12 pertenecientes al anillo circular exterior podrían tener colores mutuamente diferentes (o diferentes sombras, tonos o contrastes de color) según un código predeterminado que permita la identificación de la colocación recíproca. Usando el código de color mostrado a modo de ejemplo en las figuras 3a y 3b, es posible identificar cada uno de los elementos objetivo 12 observando una secuencia de tres, o a lo sumo cuatro en casos ambiguos, elementos objetivo mutuamente consecutivos 12 a lo largo del anillo circular respectivo. De manera sustancialmente similar, también podría preverse el uso de diferentes características geométricas para los elementos objetivo 12 (por ejemplo, los varios elementos objetivo 12 podrían estar formados por esferas de diámetro diferente). En cualquier caso, es posible que los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b identifiquen la orientación absoluta del objetivo 5 en el sistema de referencia asociado.

En el uso, con referencia especial a las figuras 3a y 3b, el objetivo 5 está acoplado a una rueda respectiva 2 del vehículo 3 usando un elemento de montaje especial (pinza), de manera que pueda asumir la orientación deseada (por ejemplo, de manera que el plano definido por los ejes Y_{trg} y Z_{trg} se aproxime al paralelo al plano de la rueda propiamente dicha y el eje X_{trg} se aproxime a su normal). La relación entre el sistema de referencia del objetivo y el de la rueda se garantiza con la construcción o mediante la realización de un procedimiento adecuado de calibración y ajuste.

En particular, la figura 3b representa el efecto de un ángulo diferente de la rueda 2 del vehículo 3, que se ha girado un ángulo dado con respecto a la disposición representada en la figura 3a; puede indicarse cómo la orientación del objetivo 5 asociado con la misma rueda 2 y la del conjunto de tres ejes ortogonales, indicados aquí como X'_{trg} , Y'_{trg} y Z'_{trg} , del sistema de referencia objetivo asociado SdR_{trg} ha cambiado consiguientemente.

Las operaciones realizadas por la unidad de procesamiento 8 del sistema 1 para determinar la alineación de las ruedas 2 del vehículo 3 se describirán ahora, con referencia al diagrama de flujo de la figura 4.

En un primer paso, indicado con la referencia 20, los dispositivos de captura de imagen primero y segundo 6a y 6b disparan a sus objetivos respectivos 5 y envían las imágenes bidimensionales adquiridas en los respectivos sistemas de referencia de imagen SdR_{tel} (conteniendo de manera conocida un conjunto de píxeles que representan las imágenes capturadas), a la unidad de procesamiento 8 mediante las respectivas interfaces 9a y 9b.

Entonces, en un paso sucesivo 21, el dispositivo de procesamiento 8 procesa digitalmente las imágenes bidimensionales de cada objetivo 5 para identificar la posición de los elementos objetivo 12 considerados significativos, es decir, los que identifican de manera predeterminada el conjunto de tres ejes ortonormales asociados con el objetivo 5; en particular, el dispositivo de procesamiento 8 identifica las proyecciones de los vectores objetivo $v_{X_{trg}}$, $v_{Y_{trg}}$ y $v_{Z_{trg}}$, en el plano de imagen, en adelante se indican respectivamente como $v_{X_{trg_prj}}$, $v_{Y_{trg_prj}}$ y $v_{Z_{trg_prj}}$ (y se denominan "vectores de proyección").

Con más detalle, después de identificar las posiciones de los centros de esfera de los elementos objetivo 12, el dispositivo de procesamiento 8 determina la posición de los vectores de proyección $v_{X_{trg_prj}}$, $v_{Y_{trg_prj}}$ y $v_{Z_{trg_prj}}$ en la imagen bidimensional adquirida (usando los criterios previamente descritos) y a continuación determina sus dimensiones (en términos del número de píxeles). En particular, por cada uno de dichos vectores de proyección, el dispositivo de procesamiento 8 calcula las dimensiones (Δx_{pix} , Δy_{pix}) en el plano de imagen, expresadas como el número de píxeles a lo largo de los ejes transversales X_{tel} y Y_{tel} del mismo plano de imagen (aquí, el índice i indica el vector de proyección relativo elegido de $v_{X_{trg_prj}}$, $v_{Y_{trg_prj}}$ o $v_{Z_{trg_prj}}$). Las dimensiones de estos vectores de proyección expresadas en la unidad de medición de longitud elegida, en mm por ejemplo, se indicarán posteriormente como (Δx_{mm} , Δy_{mm}).

En particular, las dimensiones reales de los vectores objetivo $v_{X_{trg}}$, $v_{Y_{trg}}$ y $v_{Z_{trg}}$ son conocidas en la misma unidad de medición de longitud (puesto que las dimensiones geométricas del objetivo 5 son conocidas por diseño); estas dimensiones reales, expresadas en mm por ejemplo, se indican en adelante como ΔX_{trg} , ΔY_{trg} y ΔZ_{trg} .

En un paso sucesivo 22, el dispositivo de procesamiento 8 determina la orientación de los objetivos 5 en el sistema de referencia de imagen respectivo SdR_{tel} , usando la información previamente adquirida, y también determina la

distancia D entre el centro del objetivo 5 y el plano de imagen del dispositivo de captura de imagen asociado 6a y 6b, calculada a lo largo del eje óptico Z_{tel} .

5 En detalle, por cada objetivo 5, se define una matriz de rotación $MatRot_{trg}$ que transforma el conjunto de tres vectores de longitud conocida, expresada en mm por ejemplo, en el sistema de referencia objetivo SdR_{trg} del objetivo 5 a otro conjunto de tres vectores de longitud inferible, también expresada en mm por ejemplo, en el sistema de referencia de imagen SdR_{tel} del dispositivo de captura de imagen 6a y 6b; en otros términos, la matriz de rotación $MatRot_{trg}$ impone una rotación a través de la que un vector identificado en el objetivo real, y expresada en mm por ejemplo, es proyectado sobre un plano paralelo al plano de imagen, que pasa a través del centro del objetivo y determina sus dimensiones, en la misma unidad de medición.

10 Aplicando consideraciones geométricas, que se entenderán mejor también con referencia al diagrama de la figura 5, es posible demostrar que dicha matriz de rotación $MatRot_{trg}$ puede ser expresada de la siguiente manera:

$a_x = \cos(\alpha) * \cos(\beta)$	$b_x = -\sin(\beta) * \cos(\gamma) + \sin(\alpha) * \cos(\beta) * \sin(\gamma)$	$c_x = \sin(\beta) * \sin(\gamma) + \sin(\alpha) * \cos(\beta) * \cos(\gamma)$
$a_y = \cos(\alpha) * \sin(\beta)$	$b_y = \cos(\beta) * \cos(\gamma) + \sin(\alpha) * \sin(\beta) * \sin(\gamma)$	$c_y = -\cos(\beta) * \sin(\gamma) + \sin(\alpha) * \sin(\beta) * \cos(\gamma)$
$a_z = -\sin(\alpha)$	$b_z = \cos(\alpha) * \sin(\gamma)$	$c_z = \cos(\alpha) * \cos(\gamma)$

15 donde α , β y γ , como se representa en dicha figura 5, representan los ángulos de rotación desconocidos que expresan la rotación de los tres ejes ortonormales asociados con el objetivo 5 con respecto al sistema de referencia de imagen SdR_{tel} del dispositivo de captura de imagen 6a y 6b.

20 Con más detalle, suponiendo que el conjunto de tres ejes ortonormales $X''Y''Z''$ coincide con el sistema de referencia de imagen SdR_{tel} , y que el conjunto de tres ejes ortonormales XYZ coincide con el sistema de referencia objetivo SdR_{trg} , la matriz de rotación antes indicada $MatRot_{trg}$ puede considerarse como la combinación de tres rotaciones sucesivas:

25 - Una primera rotación de γ° , impuesta entre el primer sistema de referencia $(XYZ) \equiv SdR_{trg}$ y un primer sistema de referencia intermedio $X'Y'Z'$, haciendo que el eje Y gire en la dirección del eje Y' (hacia el eje Z) alrededor del eje X mediante una primera matriz de rotación intermedia $\gamma RotMat$;

30 - Una segunda rotación de α° impuesta entre el primer sistema de referencia intermedio $(X'Y'Z')$ y un segundo sistema de referencia intermedio $(X''Y''Z'')$, haciendo que el eje Z' gire en la dirección del eje Z'' (hacia el eje X'), alrededor del eje Y' mediante una segunda matriz de rotación intermedia $\alpha RotMat$; y

35 - Una tercera rotación de β° , impuesta entre el segundo sistema de referencia intermedio $(X''Y''Z'')$ y el sistema de referencia de imagen $(X'''Y'''Z''') \equiv SdR_{tel}$ haciendo que el eje X'' gire en la dirección del eje X''' (hacia el eje Y'') alrededor del eje Z'' mediante una tercera matriz de rotación intermedia $\beta RotMat$.

Dichas matrices de rotación intermedias primera, segunda y tercera $\beta RotMat$, $\alpha RotMat$ y $\gamma RotMat$ se definen de la siguiente manera:

β RotMat

$\cos(\beta)$	$-\sin(\beta)$	0
$\sin(\beta)$	$\cos(\beta)$	0
0	0	1

α RotMat

$\cos(\alpha)$	0	$\sin(\alpha)$
0	1	0
$-\sin(\alpha)$	0	$\cos(\alpha)$

γ RotMat

1	0	0
0	$\cos(\gamma)$	$-\sin(\gamma)$
0	$\sin(\gamma)$	$\cos(\gamma)$

5 La rotación general que describe la rotación entre el sistema de referencia objetivo SdR_{trg} y el sistema de referencia de imagen SdR_{tel} se representa, como se ha señalado previamente, por la matriz de rotación $MatRot_{trg}$, que se obtiene como el producto de dichas matrices de rotación intermedias β RotMat, α RotMat y γ RotMat multiplicadas juntas y en el orden indicado.

10 Usando más consideraciones geométricas, también es posible obtener una relación entre las dimensiones en píxeles de los vectores de proyección $(\Delta xpix, \Delta ypix)_i$ y las dimensiones correspondientes en la unidad de medición de longitud $(\Delta xmm, \Delta ymm)_i$, en base a las características de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b.

15 En particular: $pixIMGdx$ y $pixIMGdy$ se definen como las dimensiones totales en píxeles de la imagen bidimensional capturada por los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b respectivamente a lo largo de los ejes transversales X_{tel} y Y_{tel} del plano de imagen; dfX y dfY se definen como las distancias focales a lo largo de los mismos ejes transversales X_{tel} y Y_{tel} , que establecen una relación entre la distancia de observación, expresada en mm, y la dimensión observable máxima a dicha distancia, de nuevo expresada en mm; $lCCD$ y $hCCD$ se definen como las dimensiones en la unidad de longitud, expresada en mm en el ejemplo, del sensor usado por el dispositivo de captura de imagen 6a y 6b (un CCD - Dispositivo de Acoplamiento de Carga en esta realización) a lo largo de los ejes transversales X_{tel} y Y_{tel} ; L y H se definen como la dimensión máxima visible del dispositivo de captura de imagen 20 6a y 6b a la distancia D a lo largo de los mismos ejes transversales X_{tel} y Y_{tel} .

Entonces es posible demostrar que las relaciones siguientes son válidas:

$$dfX = D \cdot lCCD / (L + lCCD)$$

$$dfY = D \cdot hCCD / (H + hCCD)$$

25 Además, el uso de las relaciones siguientes:

$$L = pixIMGdx \cdot \Delta xmm / \Delta xpix$$

$$H = pixIMGdy \cdot \Delta ymm / \Delta ypix$$

30 da:

$$dfX = D \cdot lCCD / (pixIMGdx \cdot \Delta xmm / \Delta xpix + lCCD)$$

$$dfY = D \cdot hCCD / (pixIMGdy \cdot \Delta ymm / \Delta ypix + hCCD)$$

Así se obtienen las relaciones básicas entre las dimensiones, en píxeles y en la unidad de medición de longitud, de los vectores de proyección en el plano de imagen:

5

$$\Delta xpix = \Delta xmm \cdot pixIMGdx \cdot dfX / (D \cdot lCCD - dfX \cdot lCCD)$$

$$\Delta ypix = \Delta ymm \cdot pixIMGdy \cdot dfY / (D \cdot hCCD - dfY \cdot hCCD)$$

Por lo tanto, usando la matriz de rotación $MatRot_{Trg}$, es posible identificar, por cada rotación del objetivo 5, las relaciones que se enlazan: las dimensiones en la unidad de longitud, mm en el ejemplo, de cualquier vector conocido en el modelo real (Δx_{trg} , Δy_{trg} , Δz_{trg}); las dimensiones en píxeles de los vectores de proyección relacionados en el plano de imagen ($\Delta xpix$, $\Delta ypix$); y las cantidades desconocidas (ángulos de rotación α , β y γ y la distancia D) que caracterizan dicha rotación:

10

$$\Delta xpix = (\Delta x_{trg} \cdot a_x + \Delta y_{trg} \cdot b_x + \Delta z_{trg} \cdot c_x) \cdot (pixIMGdx \cdot dfX / (D \cdot lCCD - dfX \cdot lCCD))$$

$$\Delta ypix = (\Delta x_{trg} \cdot a_y + \Delta y_{trg} \cdot b_y + \Delta z_{trg} \cdot c_y) \cdot (pixIMGdy \cdot dfY / (D \cdot hCCD - dfY \cdot hCCD))$$

15

donde a_x, b_x, c_x y a_y, b_y, c_y son los elementos de la matriz de rotación $MatRot_{Trg}$, como se ha definido previamente.

Para hallar los valores de las cuatro cantidades desconocidas (α , β , γ y D), es suficiente, por lo tanto, observar el comportamiento de al menos dos vectores considerados significativos con el fin de obtener cuatro relaciones (en particular, las dos relaciones indicadas por cada uno de los dos vectores significativos), obteniendo un sistema resoluble de cuatro ecuaciones en cuatro variables desconocidas; por ejemplo, los vectores v_{xtrg} y v_{ytrg} o, en alternativa, cualquier otro par de vectores objetivo v_{xtrg} , v_{ytrg} y v_{ztrg} cuyas dimensiones sean conocidas en el mundo real (expresadas en mm por ejemplo), pueden considerarse para esta finalidad.

20

25

Los valores de las cuatro variables desconocidas definen completamente la función de rotación y traslación entre el sistema de referencia objetivo SdR_{trg} y el sistema de referencia de imagen SdR_{tel} ; comenzando en estos valores, identificados por cada objetivo 5 (y con referencia a la orientación de la rueda asociada 2), es posible hallar (de manera conocida) los valores de los ángulos característicos que definen la configuración del vehículo 3.

30

En particular, el dispositivo de procesamiento 8 es así capaz de detectar la orientación (en términos de ángulos de rotación α , β y γ) de cada objetivo 5, dentro del sistema de referencia de imagen del dispositivo de captura de imagen relacionado 6a y 6b.

35

Para detectar la alineación de las ruedas 2 del vehículo 3 en un solo sistema de referencia (por ejemplo, el sistema de referencia identificado en el mismo vehículo 3), en un paso 23 sucesivo al paso 22 (con referencia de nuevo a la figura 4), el dispositivo de procesamiento 8 determina la orientación recíproca entre los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b con respecto a un solo sistema de referencia, y en consecuencia convierte los valores angular y lineal determinados en el paso anterior 22 a valores correspondientes válidos en este único sistema de referencia.

40

Con el fin de determinar dinámicamente la relación de la colocación y orientación recíprocas entre los sistemas de referencia de imagen asociados con los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b, el sistema 1 incluye, como se ha señalado previamente, la estructura de acoplamiento 10, que se compone, por ejemplo, de dos dispositivos ópticos 10a y 10b que son similares y cada uno asociado con uno de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b. Ambos dispositivos ópticos 10a y 10b constan de una etapa de transmisión óptica, por ejemplo, equipada con uno o varios LEDs, y una etapa de recepción óptica, por ejemplo, equipada con uno o varios CCDs lineales, que reciben la radiación de luz emitida por la etapa de transmisión óptica asociada con el otro dispositivo. En base a la posición de las fuentes de luz en la imagen capturada por cada dispositivo óptico, el dispositivo de procesamiento 8 determina de forma continua, de manera conocida y en consecuencia no descrita en detalle, la posición y orientación recíprocas entre los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b (en términos de rotación y traslación recíprocas).

50

Como una alternativa, el sistema 1 puede incluir otro dispositivo de captura de imagen, de nuevo indicado con el número de referencia 10a, dispuesto de manera integral con el primer dispositivo de captura de imagen 6a, y otro objetivo, de nuevo indicado con el número de referencia 10b, dispuesto de manera integral con el segundo dispositivo de captura de imagen 6b. Se puede hacer que el dispositivo de captura de imagen 10a y el objetivo 10b adicionales operen, por ejemplo, de manera similar a la previamente descrita en relación a determinar los ángulos de orientación de los objetivos 5 conectados a las ruedas 2 del vehículo 3.

Alternativamente, para resolver el problema de determinar la posición recíproca de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b de manera estática, el dispositivo de procesamiento 8 podría establecer una relación entre los sistemas de referencia de imagen relacionados durante un paso de ajuste específico, donde un calibre (o elemento de referencia) es identificado simultáneamente por ambos dispositivos de captura de imagen 6a y 6b.

En cualquier caso, al final de dicho paso 23, el dispositivo de procesamiento 8 determina, en el paso 24, los resultados en términos de los ángulos de configuración característicos de las ruedas 2 del vehículo 3, por ejemplo, los ángulos de convergencia e inclinación, expresados en un solo sistema de referencia, por ejemplo el sistema de referencia asociado con el vehículo 3; el dispositivo de procesamiento 8 también controla la visualización de estos resultados en un dispositivo de visualización adecuado, por ejemplo para presentarlos a un operador.

De manera no representada, el sistema 1 puede completarse incluyendo un dispositivo iluminador asociado para cada dispositivo de captura de imagen 6a y 6b que garantice suficiente iluminación en ambos lados del vehículo 3, con respecto al eje longitudinal A, para el procesamiento de las imágenes adquiridas; esta iluminación es reflejada oportunamente por los elementos objetivo 12, permitiendo su identificación. En particular, la longitud de onda de la radiación usada para esta operación de iluminación puede definirse según el objetivo 5 elegido, como también su frecuencia de parpadeo; por ejemplo, se podría usar una fuente de luz visible o infrarroja.

En una realización, como se representa en la figura 6, el objetivo 5 incluye una estructura de soporte 28 que define internamente una superficie esférica cóncava (o porción de una superficie esférica) sobre la que los elementos objetivo 12 están diseñados para disponerse. Por ejemplo, la estructura de soporte 28 podría constar de un capuchón esférico cóncavo. Ventajosamente, esta forma permite la fácil definición del conjunto de tres ejes ortogonales asociados con el objetivo 5 (que corresponden a un conjunto de tres segmentos, o vectores, también identificables en el plano de imagen, donde son medidos en píxeles), con varias disposiciones tridimensionales recíprocas de los elementos objetivo 12.

En la realización de la figura 6, que a efectos ilustrativos solamente se refiere de nuevo al caso donde los elementos objetivo 12 están dispuestos en dos planos mutuamente paralelos, los elementos objetivo 12 que definen el anillo circular exterior están acoplados a la porción de borde de la estructura de soporte 28, con cola, por ejemplo, mientras que los elementos objetivo 12 que definen el anillo interior circular están acoplados a la porción interior de la misma estructura de soporte 28. En este caso, los anillos circulares exterior e interior están dispuestos en dos secciones de un segmento esférico subtendido por el capuchón esférico, paralelos uno a otro y ortogonales al eje del objetivo. En este caso, el elemento de referencia 14 está acoplado a la misma estructura de soporte 28, dentro del anillo interior circular de los elementos objetivo 12.

El uso de un objetivo 5 con una configuración incluyendo una estructura de soporte en forma de capuchón cóncavo esférico 28 conteniendo los elementos objetivo 12 permite la identificación del conjunto de tres vectores ortogonales asociados con el objetivo en un amplio rango angular de observación (por ejemplo, entre -30° y $+30^\circ$).

Además, como se representa en las figuras 7a-7b, la forma esférica particular de la estructura de soporte 28 también permite la posibilidad de diferente procesamiento de las imágenes bidimensionales del objetivo 5, también válido en el caso donde los elementos objetivo 12 no están dispuestos en dos planos paralelos. De hecho, los elementos objetivo 12 pueden estar en meridianos definidos dentro de la estructura de soporte 28 y angularmente equidistantes uno de otro, estando dispuestos en múltiples conjuntos de planos o, alternativamente en planos genéricos (no mutuamente paralelos) que intersecan la superficie esférica y, como un caso especial, de nuevo en dos planos mutuamente paralelos (como en el ejemplo previamente explicado).

En cualquier caso, es ventajosa la presencia de otro elemento objetivo 12 dispuesto en el centro con respecto a la estructura de soporte 28 que identifica el centro geométrico y el punto de intersección de los varios meridianos.

En particular, como se representa esquemáticamente, la disposición tridimensional de los elementos objetivo 12 permite la identificación de al menos un primer y un segundo meridiano m_1 y m_2 (constituidos por curvas semielípticas que intersecan en el centro de la estructura de soporte 28) sustancialmente ortogonales uno a otro, a lo largo de las que los centros de esfera de algunos de los elementos objetivo 12 están alineados (en este caso, los elementos objetivo 12 identificados de manera adecuada por un par asociado de elementos de referencia 14). Además, los meridianos identificados en la imagen pueden ser ventajosamente más de dos, por ejemplo, seis, angularmente equidistantes uno de otro en un ángulo de 30° ; en este caso, la identificación de los seis meridianos permite la identificación de seis direcciones angularmente equidistantes correspondientes, logrando por ello un aumento de la estabilidad de medición.

5 Por ejemplo, como se representa en la figura 7b, aun estando dispuestos a lo largo de los seis meridianos, los elementos objetivo 12 no están dispuestos en dos planos paralelos solamente, sino generalmente en un conjunto de planos que intersecan la superficie esférica cóncava dentro de la estructura de soporte 28 (no estando dispuestos solamente en dos anillos concéntricos en este caso). La disposición de los elementos objetivo 12 permite la identificación de las características geométricas tridimensionales deseadas dentro del objetivo 5 también en este caso.

10 Las operaciones de procesamiento en las imágenes bidimensionales para identificar la rotación del objetivo 5, y de la rueda asociada 2, pueden contemplar determinar la inclinación de los meridianos (por ejemplo, medida en correspondencia a la posición del elemento objetivo central 12) para determinar la dirección de los vectores asociados con el objetivo 5, cuya rotación con respecto al sistema de referencia puede obtenerse con técnicas conocidas; también puede analizarse la deformación de los meridianos (y las direcciones correspondientes) cuando el ángulo de rotación de la rueda cambia, y, por lo tanto, la del objetivo asociado 5 con respecto al sistema de referencia del dispositivo de captura de imagen 6a y 6b.

Las ventajas del sistema y el método para determinar la alineación de rueda de vehículo según la invención son claras por la descripción anterior.

20 En particular, debe recalcar que el uso de objetivos tridimensionales (en particular, formados por una disposición tridimensional de elementos objetivo) y, en particular, el uso de elementos objetivo que también son tridimensionales, permite determinar la posición absoluta y la orientación de cada objetivo (y de la rueda a la que dicho objetivo está acoplado) con respecto a un sistema de referencia fijo, de forma exacta y segura usando un solo dispositivo de captura de imagen, sin tener que mover el vehículo o las ruedas del vehículo para variar la posición espacial de los objetivos, mover los objetivos, o recurrir a la utilización de un sistema de adquisición estéreo. De hecho, es fácil determinar un conjunto de tres ejes ortogonales asociados con el objetivo (identificando elementos de referencia objetivo) en el espacio, y de esta forma determinar la orientación espacial del mismo objetivo dentro de un sistema de referencia dado.

30 La solución descrita también permite incrementar la resolución de la medición con respecto a las soluciones estándar, sin precisar, por ejemplo, un aumento del tamaño de los objetivos usados.

35 En otros términos, se asocia ventajosa e intrínsecamente información tridimensional con el objetivo, a través de la que es posible determinar la orientación espacial comenzando a partir del procesamiento de incluso una imagen bidimensional (transformando la información bidimensional proporcionada por el dispositivo de captura de imagen a información tridimensional, gracias a la estructura geométrica particular del objetivo).

40 Además, gracias al hecho de que la disposición recíproca de los elementos objetivo 12 se define por una forma geométrica tridimensional conocida (expresada por medio de una expresión analítica), es posible identificar el conjunto de tres vectores ortogonales incluso en el caso donde uno o varios de estos mismos elementos objetivo no son visibles, por ejemplo, debido a la superposición de múltiples elementos objetivo en el plano de imagen. Esta ventaja deriva del hecho del procesamiento combinado de los elementos objetivo 12, que se consideran pertenecientes a la misma figura geométrica tridimensional conocida.

45 En particular, gracias al uso de elementos objetivo tridimensionales de forma esférica con características isotrópicas, la exactitud de la medición no cambia cuando la inclinación de los objetivos varía con respecto a los sistemas de referencia de imagen de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b.

50 Finalmente, se entiende que se pueden hacer cambios y modificaciones en lo descrito e ilustrado en este documento sin apartarse del alcance de la presente invención, definido en las reivindicaciones anexas.

55 En general, el objetivo 5 puede tener una forma tridimensional diferente. En cualquier caso, el objetivo está conformado con el fin de permitir la definición de cantidades vectoriales según una disposición tridimensional conocida, en particular con el fin de permitir la identificación de un conjunto de tres ejes ortogonales asociados con ella (por ejemplo, por la identificación de puntos o planos significativos en el mismo objetivo), preferiblemente bajo diferentes ángulos visuales (por ejemplo, en un rango de ángulos de entre -30° y $+30^\circ$). Por ejemplo, el vector ortogonal $v_{z_{\text{trg}}}$ puede determinarse a través de la identificación de un punto y plano significativos del objetivo 5, tal como el vector que se origina en este punto y ortogonal a este plano. En particular, la configuración descrita para los objetivos 5 permite mantener constante la resolución de la medición y maximizarla en todo el rango de ángulos considerados.

60 Uno o varios de los objetivos 5 también pueden ser sustituidos por objetivos del tipo activo, es decir, constituidos por elementos objetivo que, en lugar de reflejar la radiación incidente, son capaces de generar y emitir radiación electromagnética, en el rango de frecuencia visible o, en alternativa, en el rango de infrarrojos.

65

En particular, como se representa en el ejemplo comparativo de la figura 8, el objetivo, indicado aquí con el número de referencia 5', incluye una estructura de soporte, indicada con el número de referencia 28', compuesta de un disco base 30 y un borde circular 31 conectado encima del disco base 30 y que tiene un diámetro exterior coincidente con el diámetro del mismo disco base 30; por ejemplo, el borde circular 31 está conectado al disco base 30 mediante adecuados elementos de acoplamiento, incluyendo tornillos y espaciadores de columna, por ejemplo.

Los elementos objetivo, indicados aquí con el número de referencia 12', del anillo exterior están acoplados mecánicamente al borde circular 31, mientras que los elementos objetivo 12' del anillo interior están acoplados mecánicamente al disco base 30. Cada elemento objetivo 12' incluye una unidad emisora 32, constituida por un par de LEDs, por ejemplo, y electrónica de control asociada 33 conectada a una placa de circuitos impresos 34.

Como es claro por el examen de la figura 8, el objetivo 5' tiene una configuración tridimensional también en este caso (dada por la superposición del borde circular 31 en el disco base 30 y por la disposición recíproca de los varios elementos objetivo 12'), con los elementos objetivo asociados 12' dispuestos, en el ejemplo, a lo largo de los respectivos anillos circulares exterior e interior, en planos paralelos y superpuestos. De nuevo, también puede haber un elemento de referencia, indicado aquí con el número de referencia 14' y constituido por un solo LED (o por un elemento emisor similar que emita radiación visible o infrarroja) soportado en el disco base 30, dentro del anillo interior de los elementos objetivo 12' en una posición correspondiente a un elemento objetivo dado, que se considere significativo. Así, usando sustancialmente los mismos criterios previamente explicados en detalle, es posible identificar cantidades vectoriales de manera no ambigua 'también en esta estructura objetivo activa. En general, se deberá indicar que los LEDs también cumplen el principio isotrópico que cumplen los elementos objetivo 12 del objetivo pasivo, puesto que mantienen su forma cuando se observan desde ángulos diferentes, reduciendo al máximo la intensidad de luz cuando aumenta el ángulo de inclinación.

La ventaja de una solución activa con respecto al uso de elementos objetivo pasivos 12 consiste en el hecho de no precisar un dispositivo iluminador, que, además de ser potencialmente molesto para el operador, incluso en el caso donde se emite radiación infrarroja, que tiene que iluminar el objetivo desde una cierta distancia en cualquier caso implica un mayor consumo de energía eléctrica.

El sistema descrito también podría incluir un mayor número de dispositivos de captura de imagen, en particular más de dos, dispuestos en igual número en ambos lados derecho e izquierdo con respecto al eje longitudinal A del vehículo 3. Además, también sería posible usar un solo dispositivo de captura de imagen, capaz de enmarcar todos los objetivos asociados con las ruedas 2 del vehículo 3 cuya orientación se desea determinar.

Además, como se representa esquemáticamente en la figura 9 (que, para simplicidad de ilustración, se refiere solamente a un lado del vehículo 3), el sistema de determinación de alineación, indicado aquí con el número de referencia 1', podría tener una configuración diferente con respecto a la disposición de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b. En este caso, se contempla un solo par de objetivos 5, conectados por ejemplo solamente a las ruedas delanteras del vehículo 3; en este caso, los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b (como se representa en la figura 9 para el lado derecho del vehículo 3), en lugar de conectarse a la estructura de soporte 7 externa al vehículo 3 (que constituye las denominadas "cabezas de medición") activas, están realmente conectados directamente a las ruedas, las traseras del mismo vehículo en el ejemplo, por dispositivos de montaje especiales. En este caso, dado que no hay dispositivo externo al vehículo que establezca una relación entre los sistemas de referencia donde las imágenes son adquiridas, los dispositivos ópticos especiales 10a y 10b (por ejemplo, del tipo descrito con referencia a la figura 1) que establecen una relación entre las mediciones relativas a los dos lados del vehículo están montados en las cabezas de medición y conectados a las ruedas 2 del vehículo 3; los dispositivos ópticos 10a y 10b, por medición recíproca, proporcionan la orientación recíproca entre las cabezas de medición.

Se deberá señalar que el resto del sistema y método usados para determinar la orientación de los objetivos tridimensionales en el espacio no difiere sustancialmente del previamente ilustrado, proporcionando de nuevo la reconstrucción de las características tridimensionales del objetivo 5 comenzando en las imágenes bidimensionales adquiridas por los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b.

De manera sustancialmente similar, no representada, el sistema de determinación de alineación también puede contemplar los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b montados directamente en el elevador de coche 4, de nuevo sin diferencias sustanciales relativas al método de medición y usando la información obtenida de la observación de los objetivos tridimensionales asociados con las ruedas 2 del vehículo 3.

En general, será evidente que la diferencia desde el punto de vista metrológico conectado a la diferente disposición de los dispositivos de captura de imagen 6a y 6b, consiste en la identificación del sistema de referencia con respecto al que se devuelven las mediciones; en particular, en la realización representada en la figura 9, este sistema de referencia está colocado en el vehículo 3.

Finalmente, el sistema y el método descritos también permiten obviamente determinar la orientación espacial de una rueda 2 solamente del vehículo 3, cuya imagen es tomada por un solo dispositivo de captura de imagen 6a o 6b.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (1; 1') para determinar la orientación de al menos una primera rueda (2) de un vehículo (3), incluyendo:

- al menos un primer objetivo (5; 5') configurado para ser acoplado integralmente a dicha primera rueda (2);
- medios de captura de imagen (6a, 6b) configurados con el fin de adquirir una primera imagen bidimensional de dicho primer objetivo (5; 5'); y
- un dispositivo de procesamiento (8), acoplado operativamente a dichos medios de captura de imagen (6a, 6b) y configurado para procesar dicha primera imagen bidimensional, donde dicho primer objetivo (5; 5') incluye una pluralidad de elementos objetivo (12; 12') que tienen una forma tridimensional, recíprocamente dispuestos según una configuración geométrica tridimensional definible por medio de una expresión analítica dada, donde dicha configuración geométrica tridimensional está diseñada para definir un conjunto de tres vectores objetivo ortogonales ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) que definen un sistema de referencia objetivo (SdR_{trg}), cuya orientación espacial corresponde a la orientación de dicha rueda (2); estando configurado dicho dispositivo de procesamiento (8) para procesar dicha primera imagen bidimensional según dicha configuración geométrica tridimensional, para identificar en ella posiciones de dichos elementos objetivo (12; 12') y vectores de proyección ($v_{x_{trg_prj}}$, $v_{y_{trg_prj}}$, $v_{z_{trg_prj}}$) de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$), y para determinar una disposición espacial de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) con respecto a un sistema de referencia en base a características geométricas de dichos vectores de proyección, determinando por ello las características de orientación de dicha primera rueda (2); **caracterizado porque** dicho primer objetivo (5) incluye además una estructura de soporte (28) que define internamente una superficie esférica cóncava; y donde dichos elementos objetivo (12) están acoplados mecánicamente a dicha estructura de soporte (28) y dispuestos en dicha superficie esférica, con el fin de formar dicha configuración tridimensional.

2. El sistema según la reivindicación 1, donde dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado para determinar ángulos de rotación espacial de dicho conjunto de tres vectores objetivo ortogonales ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) con respecto a dicho sistema de referencia.

3. El sistema según la reivindicación 2, donde dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado además para determinar mediciones lineales de dichos vectores de proyección ($v_{x_{trg_prj}}$, $v_{y_{trg_prj}}$, $v_{z_{trg_prj}}$) en dicha primera imagen bidimensional, y para determinar dicha rotación espacial como una función de dichas mediciones lineales y de mediciones conocidas reales correspondientes de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$).

4. El sistema según la reivindicación 1, donde dichos elementos objetivo (12; 12') tienen una forma tridimensional con características isotrópicas con respecto a variaciones de un ángulo de observación de dicho primer objetivo (5) por dichos medios de captura de imagen (6a, 6b).

5. El sistema según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde dichos elementos objetivo (12) tienen una forma esférica; y dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado para determinar posiciones de los centros de esfera de dichos elementos objetivo (12) dentro de dicha primera imagen bidimensional y para determinar al menos uno de dichos vectores de proyección ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) como el vector que une los centros de esfera de un par significativo de dichos elementos objetivo (12).

6. El sistema según la reivindicación 5, donde dicho primer objetivo (5) incluye además al menos un elemento de referencia (14) que tiene una disposición predeterminada con respecto a dicho par significativo de dichos elementos objetivo (12); y donde dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado para identificar dicho par significativo de dichos elementos objetivo (12) en base a la identificación de una posición de dicho elemento de referencia (14).

7. El sistema según la reivindicación 5 o 6, donde dichos elementos objetivo (12; 12') están dispuestos formando un primer y un segundo anillo, dispuestos en planos distintos y definiendo un primer y un segundo centro (O_1 , O_2); y donde dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado para definir un vector de proyección ortogonal ($v_{z_{trg_prj}}$) entre dichos vectores de proyección ($v_{x_{trg_prj}}$, $v_{y_{trg_prj}}$, $v_{z_{trg_prj}}$) como el vector que une dichos centros primero y segundo (O_1 , O_2).

8. El sistema según la reivindicación 7, donde dichos anillos primero y segundo son sustancialmente circulares; y donde dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado para definir un primer y un segundo vector de proyección transversal ($v_{x_{trg_prj}}$, $v_{y_{trg_prj}}$) entre dichos vectores de proyección ($v_{x_{trg_prj}}$, $v_{y_{trg_prj}}$, $v_{z_{trg_prj}}$) como los vectores que unen los centros geométricos de un par respectivo de elementos objetivo (12; 12') que forman un anillo de dichos anillos primero y segundo.

9. El sistema según la reivindicación 1, donde al menos algunos de dichos elementos objetivo (12) están dispuestos a lo largo de al menos un primer y respectivamente un segundo meridiano (m_1 , m_2) definidos por dicha superficie esférica de dicha estructura de soporte (28).

- 5 10. El sistema según la reivindicación 9, donde dicha estructura de soporte (28) tiene sustancialmente una forma de capuchón esférico cóncavo, y dichos elementos objetivo (12) están dispuestos a lo largo de seis meridianos definidos por dicha superficie esférica, angularmente equidistantes uno de otro.
11. El sistema según la reivindicación 1, donde dichos elementos objetivo (12) están dispuestos en al menos dos secciones mutuamente paralelas de un segmento esférico subtendido por dicha estructura de soporte (28).
- 10 12. El sistema según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde dichos elementos objetivo (12') son del tipo activo y emiten radiación visible o infrarroja.
- 15 13. El sistema según alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además: al menos un segundo objetivo (5; 5') acoplado integralmente a una segunda rueda (2) de dicho vehículo (3); y donde dichos medios de captura de imagen (6a, 6b) están configurados para adquirir una segunda imagen bidimensional de dicho segundo objetivo (5; 5'), y dicho dispositivo de procesamiento (8) está configurado para procesar dicha segunda imagen bidimensional para determinar características de orientación de dicha segunda rueda (2), y procesar conjuntamente dichas características de orientación de dichas ruedas primera y segunda con el fin de determinar las características de alineación de dicho vehículo (3).
- 20 14. El sistema según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde dicha segunda rueda (2) está dispuesta en una posición diametralmente opuesta a dicha primera rueda (2) con respecto a un eje longitudinal (A) de dicho vehículo (3); y donde dichos medios de captura de imagen incluyen un primer dispositivo de captura de imagen (6a) configurado para adquirir dicha primera imagen bidimensional de dicho primer objetivo (5; 5'), y un segundo dispositivo de captura de imagen (6b) configurado para adquirir dicha segunda imagen bidimensional de dicho segundo objetivo (5; 5'); incluyendo además dicho sistema medios de determinación (10) para determinar la orientación recíproca de dichos dispositivos de captura de imagen primero (6a) y segundo (6b), acoplados operativamente a dicho dispositivo de procesamiento (8) para determinar las características de alineación de dicho vehículo (3).
- 25 15. Un método para determinar la orientación de al menos una primera rueda (2) de un vehículo (3), incluyendo:
- 30 - capturar una primera imagen bidimensional de al menos un primer objetivo (5; 5') acoplado integralmente a dicha primera rueda (2); y
- 35 - procesar dicha primera imagen bidimensional, donde dicho primer objetivo (5; 5') incluye una pluralidad de elementos objetivo (12; 12') que tienen una forma tridimensional, recíprocamente dispuestos según una configuración geométrica tridimensional definible por medio de una expresión analítica dada, estando diseñada dicha configuración geométrica tridimensional para definir un conjunto de tres vectores objetivo ortogonales ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) que definen un sistema de referencia objetivo (SdR_{trg}), cuya orientación espacial corresponde a la orientación de dicha rueda (2); y donde dicho paso de procesamiento incluye: procesar dicha primera imagen bidimensional según dicha configuración geométrica tridimensional, identificar posiciones de elementos objetivo (12; 12') y proyecciones de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) en dicha primera imagen bidimensional; y determinar una disposición espacial de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) con respecto a un sistema de referencia en base a las características geométricas de dichos vectores de proyección, determinando por ello las características de orientación de dicha primera rueda (2); **caracterizado porque** dicho primer objetivo (5) incluye además una estructura de soporte (28) que define internamente una superficie esférica cóncava; y donde dichos elementos objetivo (12) están acoplados mecánicamente a dicha estructura de soporte (28) y dispuestos en dicha superficie esférica, con el fin de formar dicha configuración tridimensional.
- 40 16. El método según la reivindicación 15, donde dicho paso de determinar una disposición espacial incluye determinar los ángulos de rotación espacial de dicho conjunto de tres vectores objetivo ortogonales ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$) con respecto a dicho sistema de referencia.
- 45 17. El método según la reivindicación 16, donde dicho paso de determinar una disposición espacial incluye determinar mediciones lineales de dichos vectores de proyección ($v_{x_{trg_prj}}$, $v_{y_{trg_prj}}$, $v_{z_{trg_prj}}$) en dicha primera imagen bidimensional; y donde dicho paso de determinar dicha rotación espacial incluye determinar dicha rotación en base a dicha medición lineal y mediciones conocidas reales correspondientes de dichos vectores objetivo ($v_{x_{trg}}$, $v_{y_{trg}}$, $v_{z_{trg}}$).
- 50 18. El método según alguna de las reivindicaciones 15-17, incluyendo además los pasos de: capturar una segunda imagen bidimensional de al menos un segundo objetivo (5; 5') acoplado integralmente a una segunda rueda (2) de dicho vehículo (3); procesar dicha segunda imagen bidimensional para detectar características de orientación de dicha segunda rueda (2); y procesar conjuntamente dichas características de orientación de dichas ruedas primera y segunda para determinar características de alineación de dicho vehículo (3).
- 55 60

19. Un producto de programa de ordenador incluyendo porciones de código almacenadas en un medio legible por ordenador, configurado para implementar, cuando es ejecutado por dicho ordenador, los pasos del método según alguna de las reivindicaciones 15-18.

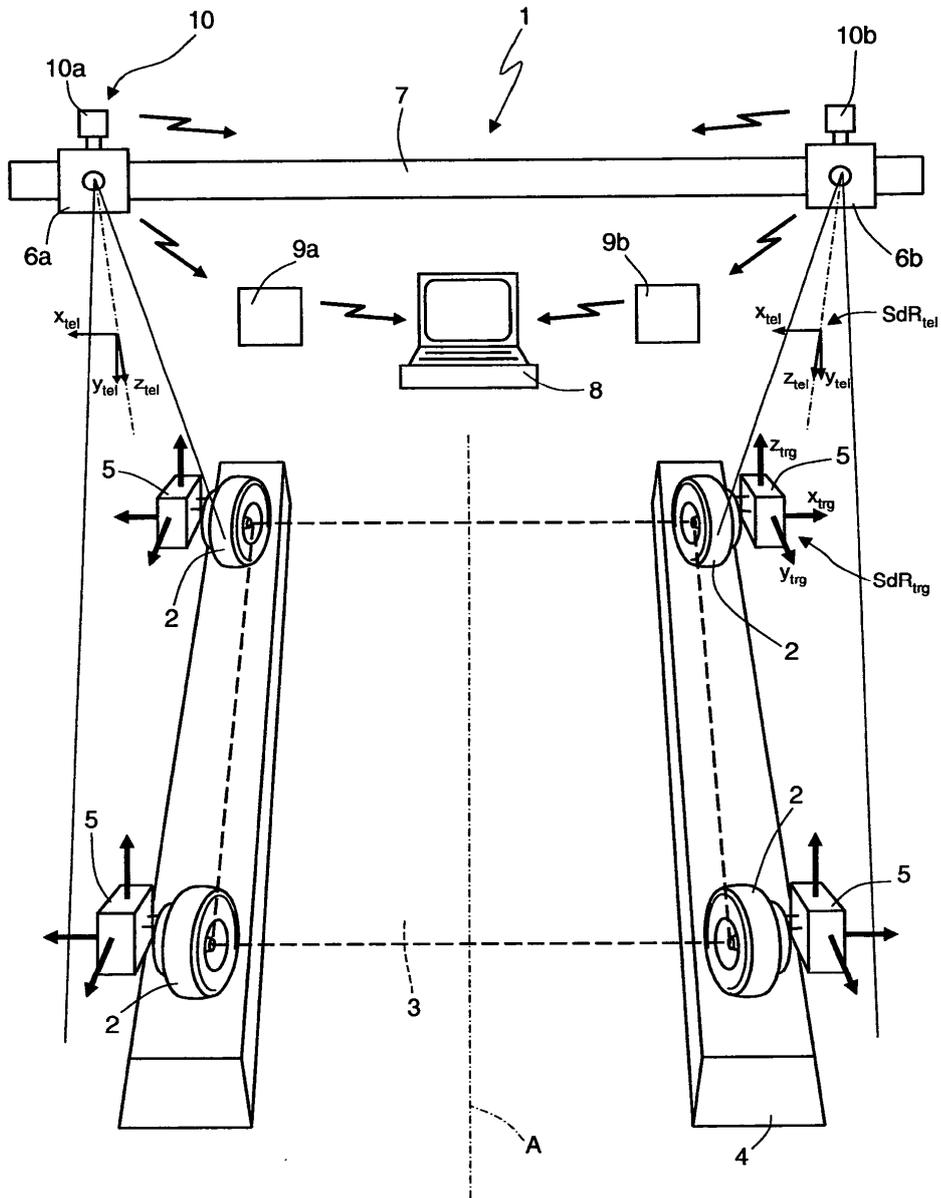


Fig.1

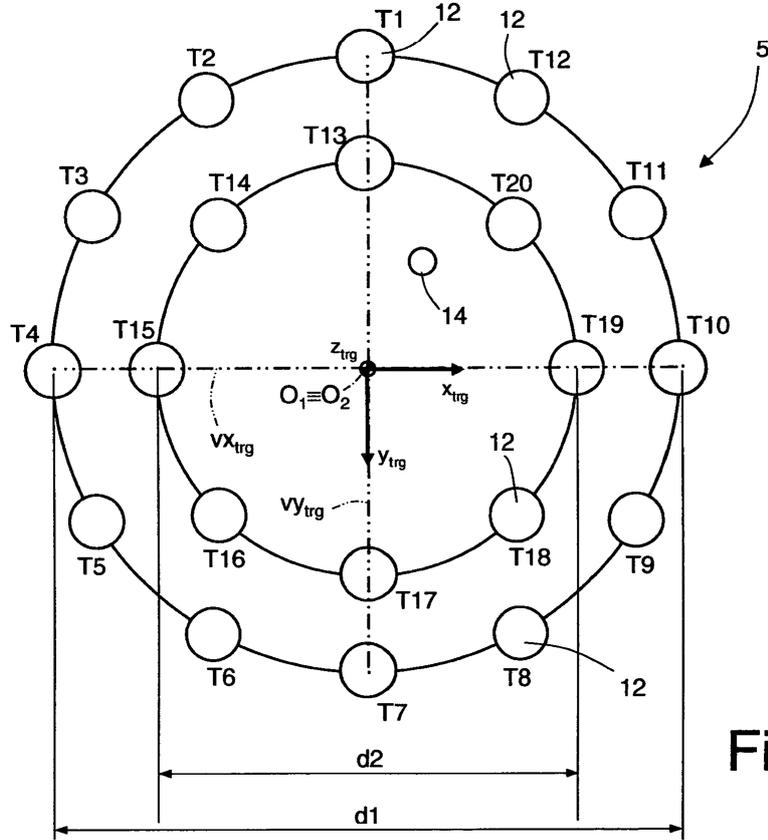


Fig. 2a

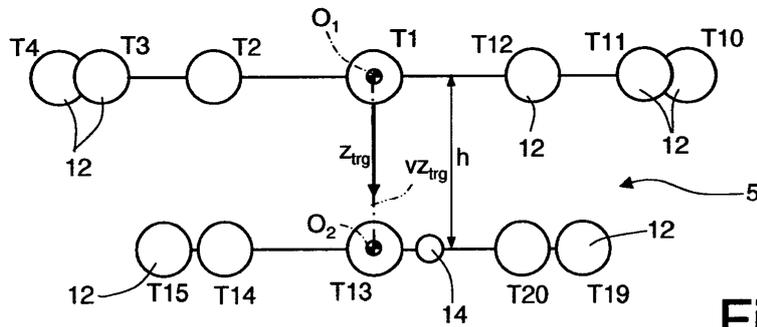


Fig. 2b

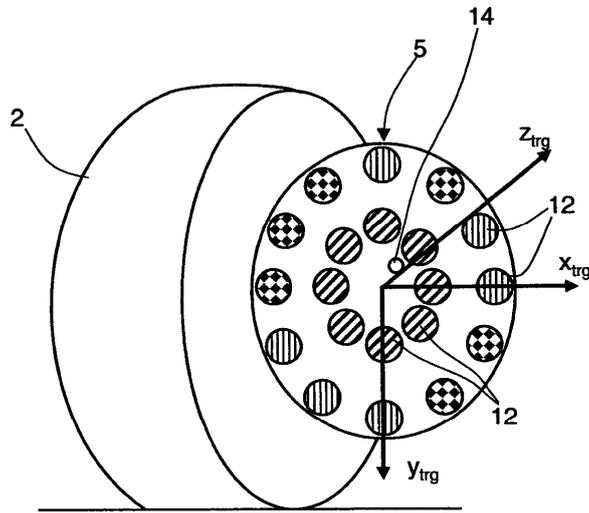


Fig.3a

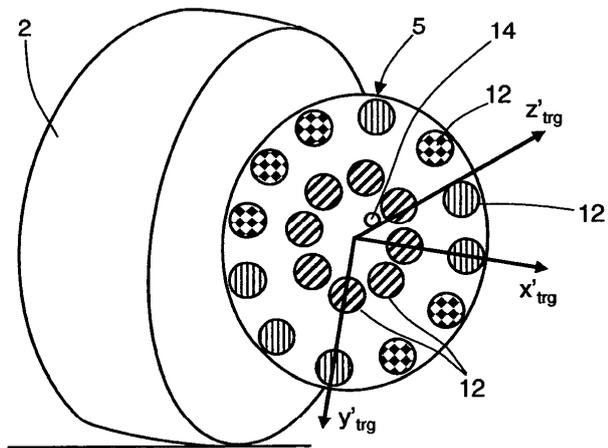


Fig.3b

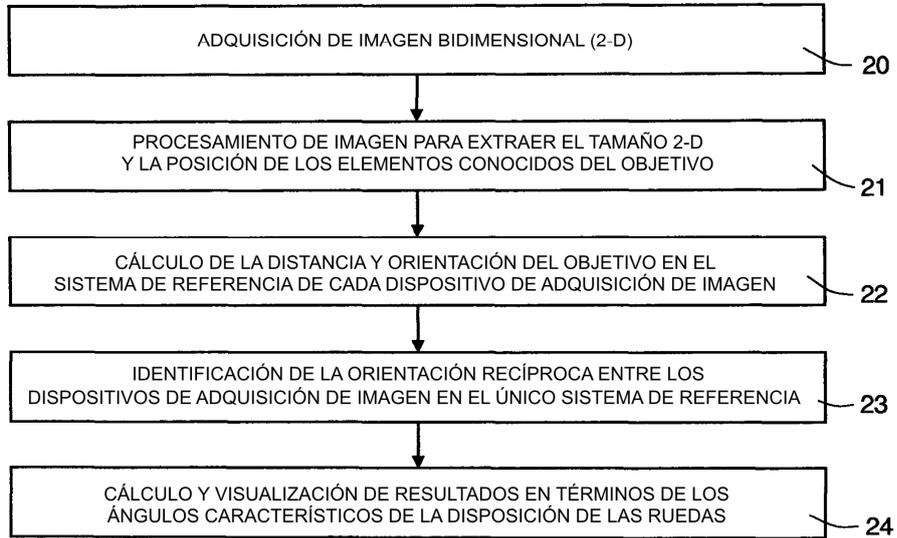


Fig.4

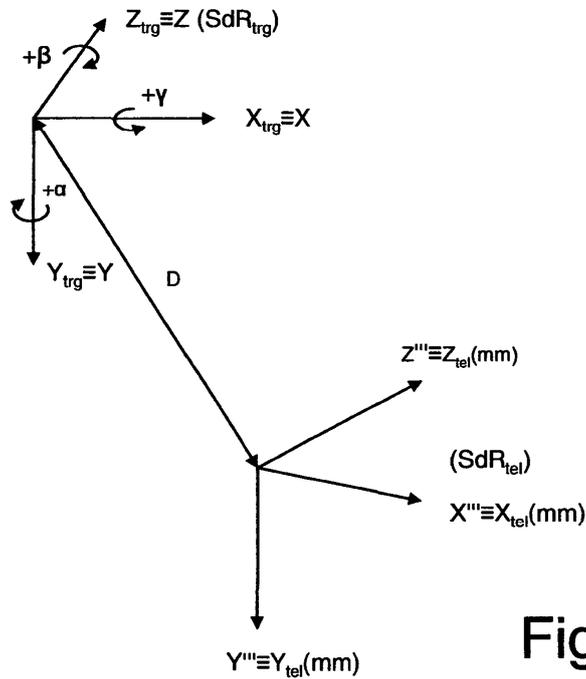


Fig.5

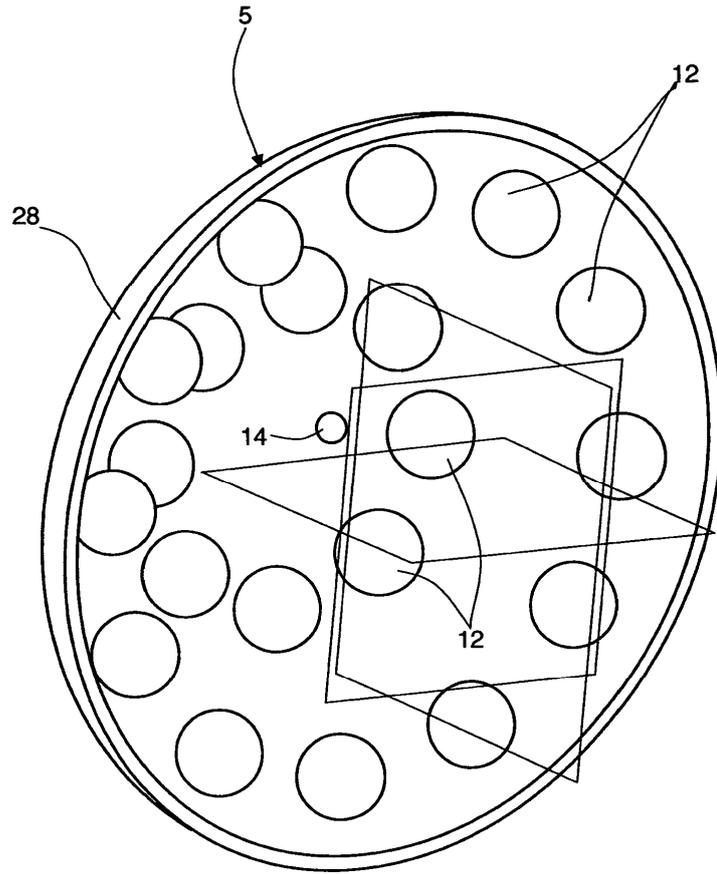


Fig.6

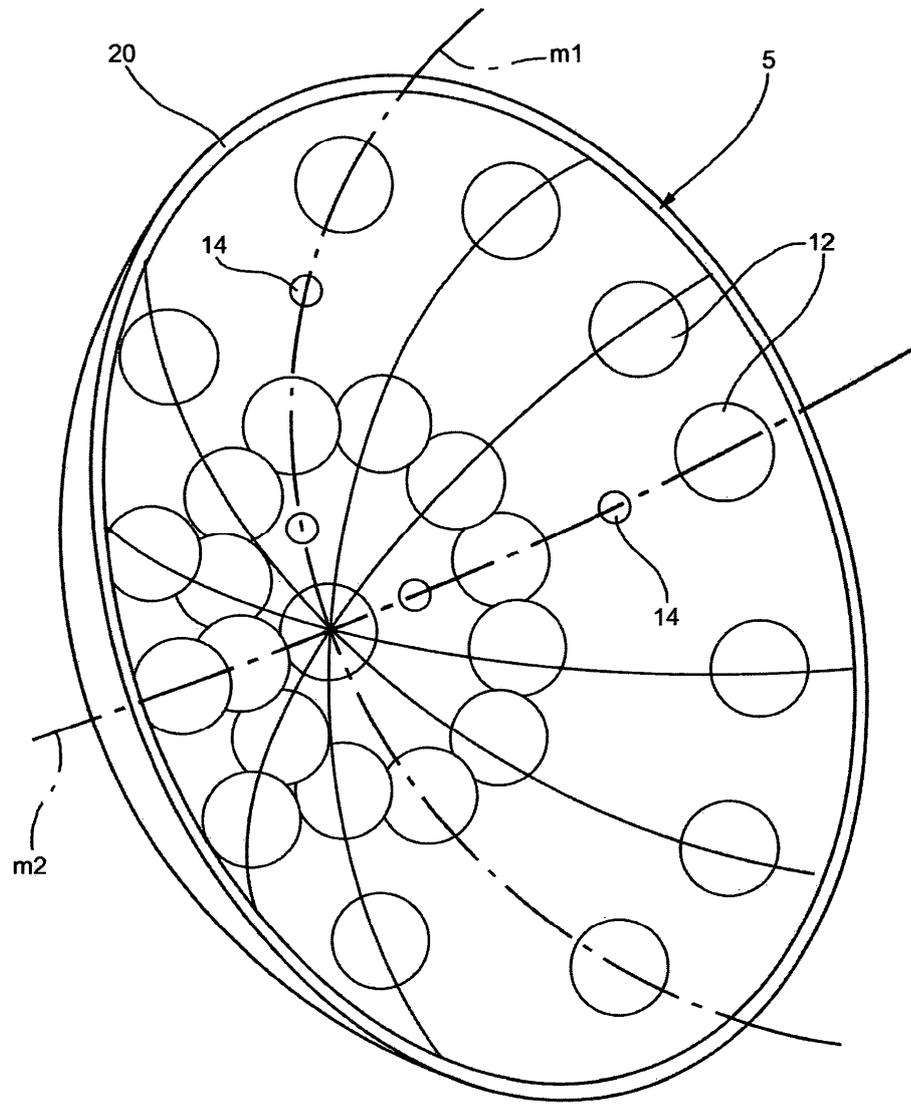


FIG. 7a

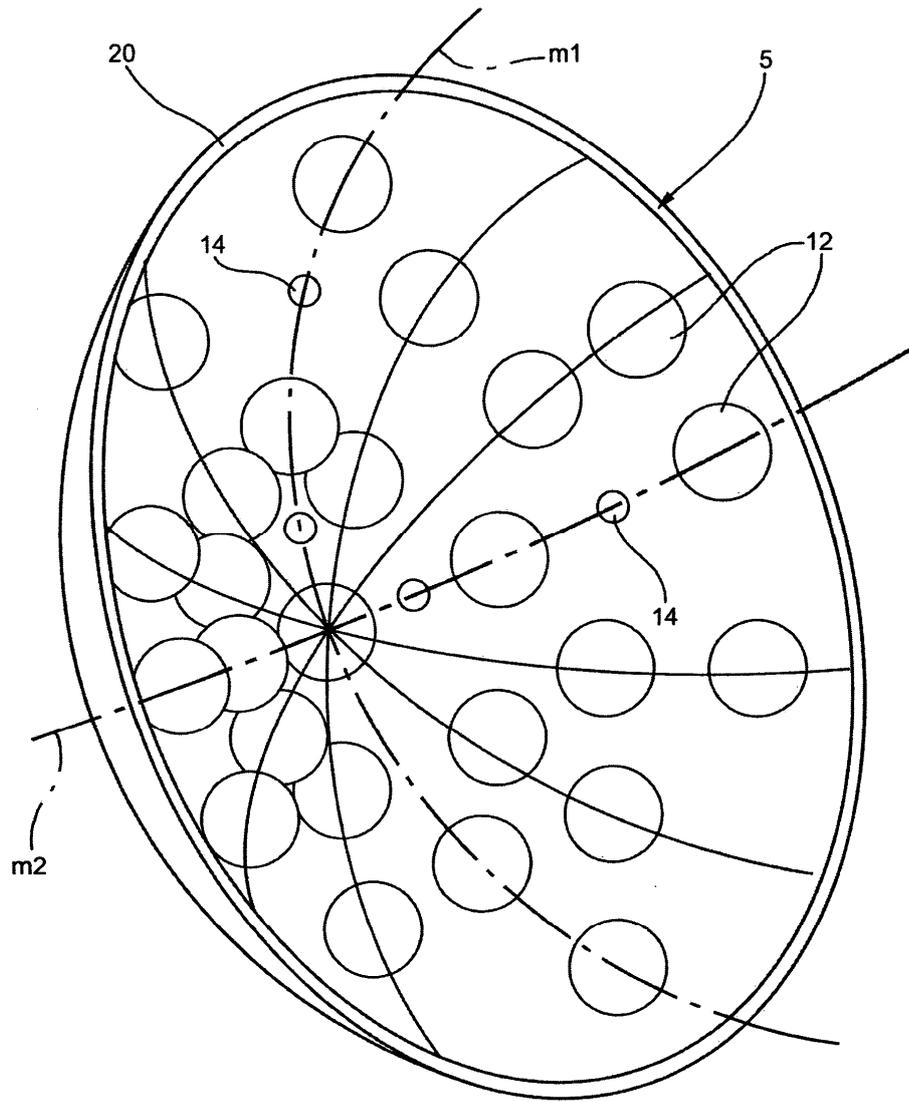


FIG. 7b

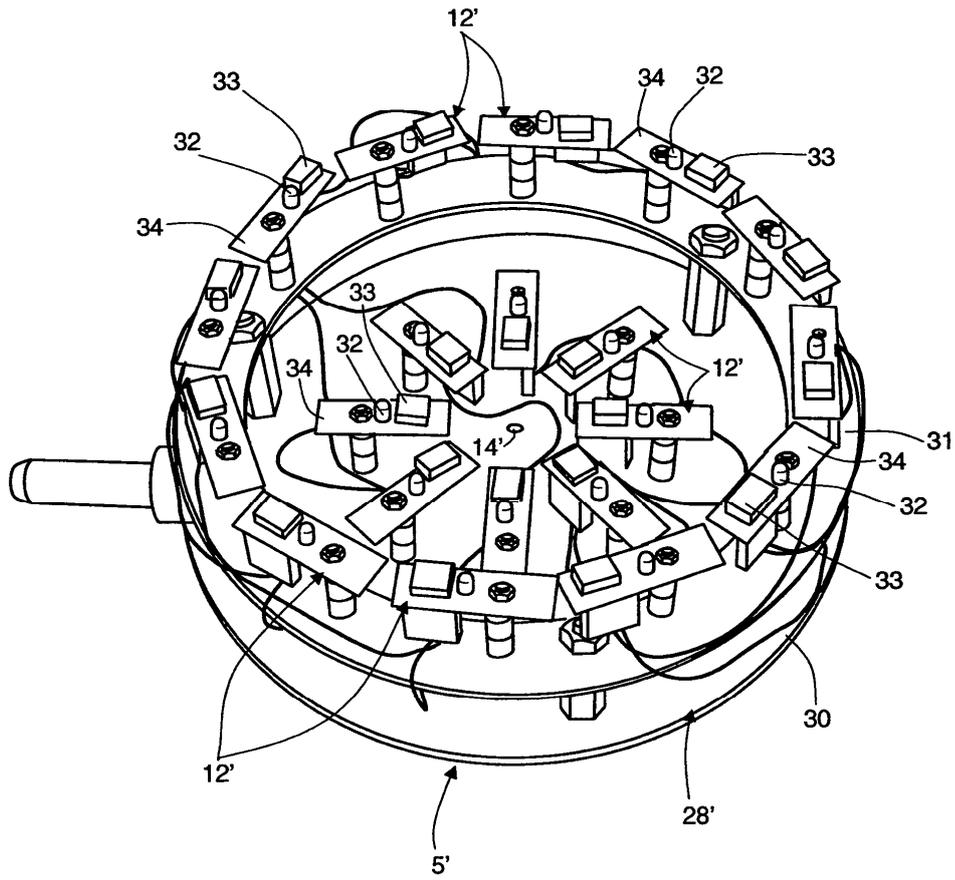


Fig.8

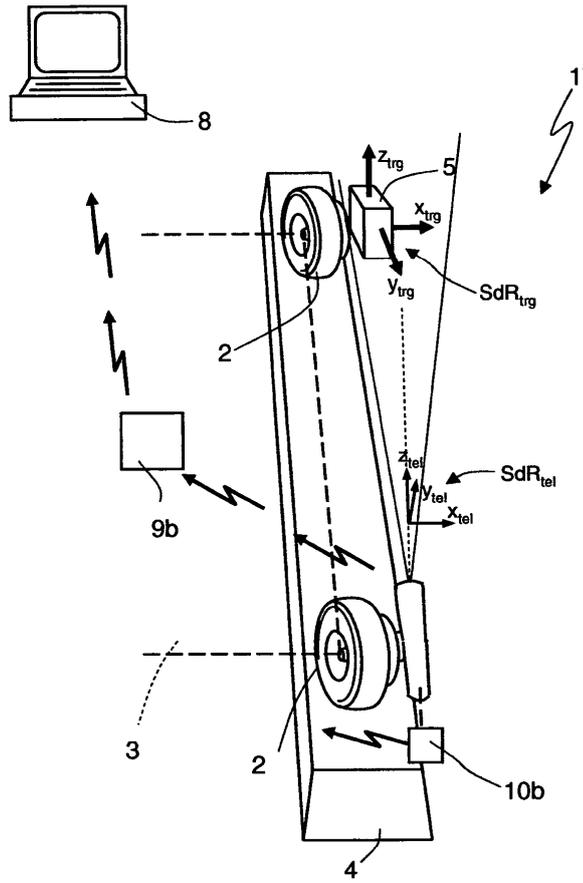


Fig.9