



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 308 795**

51 Int. Cl.:
G01B 11/275 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **98202180 .0**

96 Fecha de presentación : **29.06.1998**

97 Número de publicación de la solicitud: **0895056**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.02.1999**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para regular la posición de un vehículo automóvil.**

30 Prioridad: **01.08.1997 IT RE97A0055**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.12.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.12.2008

73 Titular/es: **CORGHI S.p.A.**
Strada Statale 468, nº 9
I-42015 Correggio Emilia, Reggio Emilia, IT

72 Inventor/es: **Battiti, Roberto y**
Corgi, Remo

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 308 795 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).

ES 2 308 795 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para regular la posición de un vehículo automóvil.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para medir los ángulos característicos de la posición de un vehículo con el propósito de su regulación y al dispositivo para poner en práctica dicho procedimiento.

La verificación de forma periódica del ajuste de la posición de un vehículo es importante para asegurar la mejor estabilidad en marcha y el mejor confort en la conducción.

10 La estabilidad en marcha es directamente proporcional a la adherencia a la carretera del vehículo, la cual a su vez depende principalmente de dos factores, es decir el área de contacto de los neumáticos con el suelo y la deriva de las ruedas, dependiendo ambas de la geometría del bastidor del vehículo y de las suspensiones.

15 La geometría del bastidor del vehículo provisto de ruedas y suspensiones define los ángulos característicos de las ruedas, esto es, los ángulos entre cada rueda y las otras, entre cada rueda y los ejes longitudinales y transversales del bastidor, entre cada rueda y el eje de avance del vehículo y entre cada rueda y la vertical al suelo y los ángulos de dirección. Los valores correctos de estos ángulos vienen dictados por el fabricante del vehículo.

20 Estos ángulos, por lo tanto, se deben poder medir a fin de ajustarlos a los valores apropiados.

Los ángulos característicos son:

- 25 - convergencia frontal izquierda, derecha y total
- convergencia posterior izquierda, derecha y total
- inclinación de las ruedas frontales derecha e izquierda
- 30 - inclinación de las ruedas posteriores derecha e izquierda
- incidencia derecha e izquierda
- eje de rotación de la mangueta de las ruedas derecha e izquierda
- 35 - retroceso frontal y posterior
- ángulo de tracción
- 40 - diferencia de la traza.

El texto se comprenderá mejor a partir de las siguientes definiciones de los ángulos característicos:

- 45 - la convergencia es el ángulo formado entre el plano perpendicular al eje de cada rueda y el eje longitudinal de simetría del vehículo;
- la convergencia total es la suma de los ángulos de la convergencia de las ruedas que pertenecen a uno y al mismo eje;
- 50 - el ángulo de traza es el ángulo formado entre el plano perpendicular al eje de cada rueda y el plano vertical;
- el ángulo de incidencia es el ángulo entre la prolongación del eje de la dirección sobre el plano longitudinal del vehículo y la vertical;
- 55 - el ángulo del eje de rotación de la mangueta de la rueda es el ángulo formado entre la prolongación del eje de la dirección sobre el plano transversal al vehículo y la vertical;
- el retroceso es la desalineación de las ruedas de uno y del mismo eje con respecto al eje de simetría del vehículo;
- 60 - el eje de tracción es el eje definido por el bisector del ángulo de convergencia total posterior;
- la diferencia de traza es el ángulo entre la línea de unión de las ruedas colocadas en uno y en el mismo lado, pero que pertenecen a dos ejes diferentes y el eje de simetría del vehículo.

65 Los dispositivos conocidos más recientes utilizados para regular la posición de las ruedas del vehículo se basan en instrumentos de medición y detección opto-electrónicas.

ES 2 308 795 T3

Estos dispositivos comprenden instrumentos de medición de los ángulos, los cuales se aplican generalmente a las ruedas del vehículo e interactúan mutuamente de forma mecánica u óptica, o están fijados al suelo para obtener la imagen de los marcadores de referencia colocados en las ruedas. Estos marcadores de referencia pueden ser tanto localizadores sólidos fijados a las ruedas, como imágenes proyectadas sobre las ruedas.

Los datos obtenidos mediante dichos dispositivos son alimentados a un procesador el cual los procesa utilizando fórmulas geométricas conocidas las cuales proporcionan como resultado los valores en los ángulos característicos de la posición del bastidor.

Los dispositivos conocidos sin embargo sufren una serie de problemas los cuales sustancialmente limitan tanto su utilización como su precisión.

Una primera desventaja importante es el tiempo requerido para realizar la medición y hacer el ajuste relativo. A este respecto, en los dispositivos conocidos, se requieren más de veinte operaciones para preparar el vehículo y tomar una medida y se ha encontrado que las operaciones preliminares implican un promedio superior al 70% del tiempo requerido para llevar a cabo un ciclo de medición normal.

Una desventaja adicional está determinada por los errores sistemáticos introducidos por la operación de compensación.

La operación de compensación reduce los errores de la medición que se derivan de la deformación geométrica de la llanta de la rueda y del acoplamiento sensor-rueda.

Esto se consigue introduciendo en la medición un factor de corrección calculado utilizando los datos obtenidos durante una vuelta de las ruedas del vehículo.

Sin embargo para conseguir una vuelta de la rueda sin que implique un espacio considerable la rueda se tiene que elevar del suelo, liberando de ese modo el peso del vehículo del conjunto de suspensión-amortiguador.

Sin embargo esto introduce errores debido al hecho de que durante su carrera de trabajo las suspensiones inducen variaciones en los ángulos característicos del vehículo, por lo tanto elevando la rueda del suelo conduce a la desventaja de encontrar las ruedas colocadas de una manera diferente de aquélla en la que están en el estado de rodadura, lo cual se consigue únicamente después de que las suspensiones se hayan asentado.

Un límite adicional de los alineadores corrientes es la gama máxima de mediciones angulares de los transductores. En particular, este límite es evidente en mediciones de la geometría de la dirección.

Los fabricantes de vehículos automóviles generalmente han utilizado un esquema de articulación para los elementos en la dirección conocido como "triángulo Jeantaud". Esta configuración asegura la concentricidad de las circunferencias transportadas por la rueda a través de curvaturas de radio grande, sin embargo para la dirección a través de un radio menor de curvatura el triángulo Jeantaud crea una condición que se desvía progresivamente de la ideal.

Por lo tanto, resulta evidente la importancia de realizar mediciones precisas de la geometría de la dirección a fin de garantizar la seguridad y la estabilidad en marcha del vehículo.

Para efectuar estas mediciones, los alineadores opto-electrónicos actualmente disponibles utilizan placas giratorias colocadas por debajo de las ruedas orientadas y provistas de dispositivos electrónicos. El ángulo de dirección se mide mediante indicadores graduados o mediante transductores electrónicos los cuales miden la rotación de la placa.

Estos sistemas superan parcialmente la gama limitada de mediciones de los transductores, pero realizan mediciones indirectas las cuales están sometidas a errores debidos al movimiento giratorio-translacional de la placa. A este respecto, durante la dirección, el movimiento de la rueda puede ser resuelto en un componente de traslación y un componente de rotación, siendo este fenómeno debido al eje de la dirección que no pasa a través del centro de la rueda.

Resulta evidente que una medición indirecta, tal como la realizada por los dispositivos conocidos, está sometida a errores debido a la doble naturaleza del fenómeno que se va a medir.

La posición se puede medir y regular entonces tanto mediante aparatos que realizan mediciones que utilizan dispositivos conectados a la llanta de la rueda como mediante aparatos que no utilizan dispositivo alguno fijado a la llanta de la rueda.

Son conocidos los aparatos para la medición de los ángulos característicos de la posición montando dispositivos de medición en todas las llantas de las ruedas del vehículo.

Estos dispositivos tienen la forma de goniómetros o transductores de ángulos que interactúan con instrumentos idénticos fijados a las llantas de las ruedas de dos ruedas adyacentes, en las direcciones transversal y longitudinal.

ES 2 308 795 T3

Esta interacción entre dichos instrumentos se puede conseguir tanto mecánicamente por medio de cables o resortes, como mediante dispositivos eléctricos u ópticos.

5 Cuando han sido realizadas las mediciones, un procesador procesa los datos medidos mediante algoritmos matemáticos de tipo conocido.

Son también conocidos los dispositivos que utilizan sistemas de medición en los cuales no existe una referencia material colocada sobre la llanta de la rueda.

10 La patente US nº 4.899.218 a nombre de Waldeker ilustra un proceso de medición que se basa en la proyección de un rayo de luz estructurada oscilante sobre la rueda de tal manera que se produzcan por lo menos dos imágenes de referencia sobre ella.

15 Dichas imágenes son leídas por cámaras de vídeo colocadas a un cierto ángulo con respecto al plano óptico definido por el plano de oscilación de dicho rayo.

La posición espacial de las líneas exteriores y por lo tanto de la rueda se calcula mediante un ordenador que utiliza un sistema de triangulación conocido.

20 Habiendo definido la posición espacial de la rueda de esta manera, un procesador calcula los ángulos característicos de la posición con relación a un sistema de referencia adecuado.

Los dispositivos utilizados en la patente mencionada son muy complicados de utilizar, especialmente con respecto al proceso para la calibración del aparato.

25 La solicitud de patente publicada DE 2948573 a nombre de Siemens describe un aparato en el que el proceso de medición se basa en pares de imágenes del borde de la llanta de la rueda o de una circunferencia de la misma, tomadas a partir de ángulos diferentes.

30 A partir de estas imágenes, se obtienen elipses, a partir de los parámetros de las cuales se puede determinar la posición espacial de la rueda conociendo la posición y la orientación exactas de las cámaras de vídeo.

35 La publicación no proporciona indicaciones sobre cómo el sistema es capaz de distinguir el borde de la llanta de la rueda o una circunferencia concéntrica colocada sobre la misma, del neumático que la rodea ni tampoco enseña cómo tener en cuenta las distorsiones inevitables de la imagen de la elipse que representa el borde de la llanta de la rueda, lo cual evidentemente influye negativamente en la precisión de la medición.

40 A este respecto, la imagen vista por la cámara de vídeo está presentada como una elipse distorsionada porque el lado más cercano de la cámara de vídeo aparece más ancho que el lado más distante y, por consiguiente, a fin de no cometer errores de medición, también se deben tener en cuenta las distorsiones.

45 En conclusión, todos los dispositivos conocidos están afectados por errores sistemáticos de medición debido a las imprecisiones inevitables causadas por el operario al colocar los dispositivos de medición sobre las llantas de las ruedas, o durante las operaciones de compensación, las cuales requieren que las ruedas del vehículo estén elevadas y cada rueda sea girada, o por los errores a partir de dichas distorsiones ópticas, o por irregularidades en la forma del neumático sobre el cual se producen las imágenes, o de la propia llanta de la rueda.

50 El objetivo de la presente invención es eliminar las desventajas mencionadas anteriormente proporcionando un procedimiento y un dispositivo de medición capaz de funcionar sin la necesidad de aplicar marcadores o sensores de referencia específicos a la rueda, tampoco en forma de una imagen proyectada, y el cual permite que se lleve a cabo la operación de compensación sin elevar las ruedas del vehículo del suelo, mientras reduce sustancialmente el tiempo implicado en la preparación y en la ejecución de la medición de los ángulos característicos de la posición. El objetivo de la invención se alcanza mediante un procedimiento y un dispositivo según las reivindicaciones 1 y 11, respectivamente.

55 El procedimiento mediante el cual el aparato ejecuta la medición comprende la obtención y el procesamiento de un cierto número de pares de imágenes de cada rueda mientras el vehículo, que todavía se mueve, está siendo colocado en el lugar de medición, con el propósito de identificar la posición espacial de la llanta de la rueda. Esto se consigue buscando en las imágenes las estructuras circulares e identificando aquellas zonas en las cuales es máxima la transición entre los niveles de grises de la imagen, como se aclarará más adelante en este documento.

60 De esta manera, se determinan puntos que pertenecen a segmentos del borde de la llanta de la rueda, los cuales son procesados y asociados con un sistema cartesiano de referencia, para determinar con precisión su posición espacial mediante procesos matemáticos de tipo conocido a los cuales se hará referencia más adelante en este documento.

65 Habiendo determinado un cierto número de puntos que pertenecen al borde de la llanta de la rueda, la invención calcula, para cada imagen, la elipse que pasa a través de estos puntos.

ES 2 308 795 T3

Alternativamente, se calcula la elipse como la interpolación de un número discreto pero grande de puntos que descansan sobre la imagen de la rueda.

5 Habiendo determinado dos elipses para cada rueda a partir de las imágenes tomadas de dos posiciones en ángulos diferentes, la invención establece una correspondencia entre los elementos del borde de las dos elipses.

De esta manera, el borde de la llanta de la rueda y el plano que la contiene, y por lo tanto la traza y la convergencia de cada rueda individual, se determinan inequívocamente.

10 Se debe indicar que la determinación de las elipses no es esencial para el propósito de la identificación del borde de la llanta de la rueda y del plano que la contiene, pero se realiza porque permite que los datos sean procesados más rápidamente ya que concentra la búsqueda de los puntos que representan el borde de la llanta de la rueda en zonas limitadas.

15 La invención consigue este resultado mediante un procedimiento para la medición de la posición del vehículo que comprende dos cámaras de vídeo para cada rueda que tienen sus lentes encaradas al lugar de medición y conectadas de forma estable. Las cámaras de vídeo están conectadas por medios conocidos a un procesador dispuesto para procesar las imágenes de cada rueda como son vistas por ellas, a fin de determinar la rotación excéntrica de la llanta de la rueda, esto es la falta de perpendicular ideal del plano de la llanta de la rueda con respecto al eje de rotación de la misma y
20 calcular los ángulos característicos de la posición.

Para cada rueda las dos cámaras obtienen diversos pares de imágenes con la rueda en movimiento, siendo capaz la invención de determinar la rotación excéntrica de la llanta de la rueda alrededor del eje de rotación mediante algoritmos conocidos.

25 Comparando los datos relativos a la variación angular en los planos horizontal, vertical y de rotación medida en por lo menos dos posiciones de dirección diferentes, la invención calcula también la posición espacial del eje de la dirección y por lo tanto es capaz de calcular todos los ángulos característicos de la posición del vehículo y visualizarlos en el monitor del procesador para permitir que el operario realice los ajustes necesarios.

30 Resulta evidente que la invención puede conseguir el mismo resultado utilizando únicamente una cámara de vídeo por rueda o únicamente una cámara de vídeo en total con el uso consiguiente de trayectorias ópticas adecuadas, formadas con la ayuda de espejos fijos o móviles y posibles obturadores, que permiten que todas las ruedas sean vistas en sucesión desde el punto de observación.

35 Las características particulares del dispositivo y del procedimiento se especifican en las reivindicaciones.

La invención se pondrá más claramente de manifiesto, en términos tanto del procedimiento como del dispositivo, a partir de la descripción de una forma de realización preferida de la misma proporcionada a continuación en este
40 documento a título de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es una vista superior de la invención mientras un vehículo que se mueve está siendo colocado en el lugar de medición.

45 La figura 2 es una vista superior de la invención con el vehículo ya colocado.

La figura 3 es una vista lateral de la invención.

La figura 4 muestra la relación entre los diversos sistemas cartesianos de referencia utilizados.

50 La figura 5 muestra a mayor escala una parte de la figura 4.

La figura 6 representa las coordenadas en el plano de la imagen de un punto determinado sobre la llanta de la rueda.

55 La figura 7 representa un ejemplo de una red neuronal.

La figura 8 representa el borde de la llanta de la rueda calculado con relación al esquema de referencia colocado en cada cámara de vídeo, con la correspondencia entre los puntos sobre el borde de la llanta de la rueda colocados en el mismo "punto" físico.

60 La figura 9 representa la llanta de la rueda vista por la cámara de vídeo y, al lado, la misma transformada en el plano de proyección.

La figura 10 representa una intersección parásita.

65 La figura 11 representa la determinación del plano de la llanta de la rueda.

ES 2 308 795 T3

Dichas figuras muestran un lugar de medición 1, que comprende un elevador de vehículos normal 2 al cual están fijamente conectados, por medios conocidos, cuatro dispositivos de soporte 3, 4, 5, 6 idénticos en pares, para las cámaras de vídeo 7, las cuales están conectadas a conjuntos 12 para el procesamiento de los datos obtenidos.

5 Los dispositivos 3 y 4 están colocados encarados entre sí sobre los lados exteriores de las superficies de rodadura del elevador del vehículo 2, en la proximidad del extremo frontal del mismo.

10 Los dispositivos 5 y 6 están colocados encarados entre sí sobre los lados exteriores de las superficies de rodadura del elevador del vehículo 2, en la proximidad del extremo frontal del mismo.

Cada uno de dichos dispositivos 3,...6, comprende un bastidor móvil 8 el cual desliza sobre dos guías 9 colocadas paralelas al eje de simetría del elevador, y sobre las cuales están montadas dos cámaras de vídeo idénticas 7. El bastidor móvil 8 se desplaza mediante un motor de engranajes fijo 10 que acciona un tornillo sin fin 11 y un casquillo, no representado, conectado al bastidor móvil 8.

15 Los dispositivos 5 y 6 difieren de los dispositivos 3 y 4 únicamente en términos de la longitud de las guías 9 y del tornillo sin fin 11.

20 Además, los dispositivos 3 y 6 están provistos de un transductor de posición lineal, de tipo conocido no representado, el cual permite que sea determinada la distancia entre ejes del vehículo.

Esto se realiza según la invención, como se representa en la figura 2, mediante la utilización de la relación:

$$25 \text{ Distancia entre ejes} = D + d_1 - d_2$$

en la que D es la distancia entre las posiciones iniciales de los dos transductores, d_1 es la distancia medida por el transductor de posición del dispositivo de soporte 3 y d_2 es la distancia medida por el transductor de posición del dispositivo de soporte 6 (véase la figura 1 y la figura 2).

30 Cuando el sistema detecta que un nuevo vehículo está entrando en el lugar de medición, el motor de engranajes acciona el bastidor móvil 8 que sostiene la cámara de vídeo 7 de tal manera que mantiene la imagen de la rueda siempre en el centro del campo de visión de las cámaras de vídeo. Esto se consigue formando un sistema de bucle cerrado normal en el cual la imagen obtenida por la cámara de vídeo 7 es alimentada al conjunto de procesamiento de datos 12, el cual acciona el motor de engranajes por medio de un accionamiento de tipo conocido. Los parámetros del motor de engranajes controlados por el conjunto de procesamiento 12 son su velocidad y su sentido de rotación. A este respecto, ambos parámetros son esenciales para conseguir el control total de la distancia relativa de los transductores de posición de los dispositivos de soporte 3 y 6.

40 Para una mejor comprensión de la invención, se proporcionará una breve descripción del sistema de referencia sobre la base del área de medición de una única rueda, siendo esto igual para todas las ruedas.

Los puntos T1 y T2 identifican los orígenes de los sistemas de referencia perpendiculares de cada cámara de vídeo con relación al sistema absoluto de referencia que tiene su origen en O, como se representa en la figura 4.

45 Un punto genérico P en el espacio tiene las coordenadas Px, Py, Pz dentro del sistema absoluto de referencia que tiene su origen en O.

Además, para cada cámara de vídeo se define un plano de la imagen perpendicular al eje z del sistema de referencia de origen Ti, $i = 1, 2$ y a una distancia unitaria del origen Ti, $i = 1, 2$.

50 Los puntos que pertenecen a los planos de la imagen tienen coordenadas $U_i = (U_{xi}, U_{yi}, 1)$; estos puntos se determinan mediante transformación proyectiva, la cual asocia con cada punto de un espacio tridimensional un punto U_i proporcionado por la intersección de la línea recta que une T y Ti con el plano de la imagen, en donde $i = 1, 2$.

55 Las coordenadas en píxeles de un punto sobre la superficie activa de la cámara de vídeo se identifican mediante el vector bidimensional I cuyas componentes (Ix, Iy) son la columna y la fila de la imagen como se pone de manifiesto a partir de la figura 6.

60 La transformación entre las coordenadas U_i y las coordenadas I en términos de píxeles, de un punto sobre la superficie activa de la cámara de vídeo se consigue mediante la operación de calibración.

El propósito de la calibración es obtener una función que permita que las coordenadas de los píxeles (superficie activa del sensor) se conviertan en las coordenadas U_i del plano de la imagen definida anteriormente, para cada aparato formado por una cámara de vídeo del sistema de medición.

65 Para pasar desde un punto I de la imagen a un punto U en el plano de la imagen, se pueden utilizar técnicas de modelado no paramétrico también conocidas como redes neuronales.

ES 2 308 795 T3

Éstas representan una posible solución al problema de la determinación de la función de entrada/salida utilizando un esquema de aprendizaje a partir de ejemplos disponibles, buscando la mejor función a partir de una clase adecuada de funciones según un criterio previamente determinado.

Específicamente, el perceptron de múltiples niveles es una red neuronal, representada esquemáticamente en la figura 7, que consiste en conjuntos conocidos como neuronas dispuestas a niveles diferentes. La respuesta de salida a una señal de entrada se obtiene mediante la propagación de avance de la señal desde las neuronas del primer nivel a las del último nivel. Esta propagación ocurre sobre la base de las conexiones (conocidas como “pesos”) que existen entre las neuronas que pertenecen a niveles diferentes.

La red es entrenada determinando sus pesos mediante un procedimiento iterativo que arranca a partir de un punto seleccionado arbitrariamente.

Se proporcionará una ilustración del funcionamiento de un perceptron de múltiples niveles desde un punto de vista matemático. En este contexto, con referencia para simplificar a redes con una única capa escondida, I_i indica las entradas, h_i y H_i indican los valores de entrada y de salida de la capa escondida respectivamente y u_i , U_i indican la entrada y la salida de las neuronas de salida. Los pesos de la red se indican mediante w_{ij} y W_{ij} para las dos capas. La función que transforma un vector de entrada I , los componentes del cual son números reales, en el correspondiente vector de salida U está constituida como sigue: en primer lugar se evalúan las entradas de las neuronas escondidas, proporcionadas por:

$$(a) \quad h_j = w_{j0} + \sum_k w_{jk} \cdot I_k$$

en la que w_{j0} representa el umbral de la neurona. La salida de cada neurona escondida es una función únicamente de la entrada respectiva, utilizando una función sigmoideal, la salida se convierte en:

$$(b) \quad H_j = \frac{1}{(1 + e^{-h_j})}$$

De forma similar para el estado de salida, se calculan en primer lugar los valores de entrada de las neuronas.

$$(c) \quad u_i = W_{i0} + \sum_j W_{ij} \cdot H_j$$

y entonces los valores de salida que, suponiendo que se utiliza otra vez la función de transferencia sigmoideal, vienen dados por

$$(d) \quad U_i = \frac{1}{(1 + e^{-u_i})}$$

La función de transferencia que permite el paso de la entrada a la salida de una neurona puede ser una de las siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$$

$$f(x) = \left| \frac{1}{(1 + e^{-x})} \right|^{-0.5}$$

$$f(x) = x$$

El sistema es entrenado utilizando un conjunto de P ejemplos conocidos y haciendo mínima la función objetivo relativa a los pesos.

ES 2 308 795 T3

Durante cada iteración el algoritmo ejecuta la propagación de avance (desde la capa de entrada hasta la capa de salida) de los modelos de entrada sobre la base de las ecuaciones (a), (b), (c), (d), evalúa las derivadas parciales de la función con respecto a los pesos de la red y determina la dirección de búsqueda para cada etapa de minimización unidimensional individual.

Las operaciones llevadas a cabo por el sistema durante las rutinas normales de medición se describirán ahora.

Cuando el vehículo entra en el lugar de medición, como se representa en la figura 1, los sensores del sistema reconocen automáticamente el comienzo del ciclo de medición y activan los procesos de reconocimiento de la rueda.

Mientras el vehículo está siendo colocado, cada cámara de vídeo toma una serie de fotografías necesarias para determinar la posición espacial de la llanta de la rueda.

Las fotografías son analizadas por el procesador para discriminar la llanta de la rueda del resto de las imágenes.

Esto se consigue mediante la invención buscando, dentro de las imágenes, las “estructuras” circulares identificando aquellas zonas en las cuales la transición entre los niveles de grises de la imagen es un máximo y uniando juntos los elementos del borde a lo largo de la llanta de la rueda.

Para este propósito el sistema utiliza un filtro de Gauss para reducir el ruido (perturbación) presente en las imágenes, seguido por un filtro de paso por cero el cual actúa recalculando los píxeles originales dentro de una zona de dimensiones $n \times n$ centrada en el propio píxel.

El nuevo píxel se obtiene ponderando los valores originales con una matriz adecuada.

Por ejemplo, si $n = 3$ el nuevo píxel se obtiene ponderando los valores originales con la matriz siguiente:

$$[K] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & -12 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Los bordes están identificados por aquellas zonas de la imagen obtenida de ese modo en la que píxeles adyacentes cambian de signo. Estas zonas corresponden al punto de máxima rapidez de transición en el cambio de tono de grises, perteneciendo estos puntos al borde de la llanta de la rueda, además de elementos parásitos, como se verá más adelante en este documento.

Habiendo identificado los puntos de transición dentro de un sistema perpendicular de referencia con el origen en T1 y T2 (véase la figura 9) y habiéndolos definido dentro del plano de la imagen utilizando dichos procedimientos matemáticos combinados con técnicas conocidas de flujo óptico, la invención determina sus posiciones espaciales con mayor precisión utilizando las funciones de interpolación “ranura” conocidas.

Las zonas continuas (conjuntos de puntos) también se identifican, las cuales, además del borde de la llanta de la rueda, también comprenden elementos parásitos que se derivan de las estructuras geométricas en el interior de la misma, tales como tornillos o taladros, como se representa en la figura 8.

Para simplificar y acelerar el procedimiento de cálculo, el borde de la llanta de la rueda se identifica mediante la invención con referencia a un módulo de sección cónica tal como por ejemplo una elipse. En este procedimiento, la búsqueda de los puntos se concentra dentro de zonas limitadas, acelerando de ese modo los cálculos.

Para comprender mejor el procedimiento mediante el cual la invención determina los parámetros de la elipse que pasa a través de los puntos de transición identificados, se describirá el proceso.

La forma más general de la ecuación cartesiana de una sección cónica es la siguiente:

$$ax^2 + 2bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$$

Dados cinco puntos que descansan en un plano a lo largo de una elipse, la ecuación de la elipse que pasa a través de ellos se puede determinar unívocamente.

Sustituyendo x e y por las coordenadas de cada uno de los cinco puntos, se obtienen cinco ecuaciones que implican seis incógnitas a, b, c, d, e, f .

Este sistema homogéneo tiene una infinidad de soluciones, todas proporcionales entre sí.

ES 2 308 795 T3

Para identificar unívocamente una de las posibles soluciones, los parámetros se normalizan haciendo $a^2 + b^2 + c^2 = 1$. El sistema se resuelve utilizando procedimientos de solución de ecuaciones lineales normales.

Para determinar el centro de la elipse, se resuelve el siguiente sistema lineal de dos ecuaciones con x e y :

$$ax + by + d = 0$$

$$bx + cy + e = 0$$

Las coordenadas del centro son proporcionadas por lo tanto por la solución (x_0, y_0) de este sistema.

Resulta evidente que utilizando este procedimiento de cálculo no es necesario ver la rueda entera para determinar el borde de la llanta de la rueda, siendo suficiente con ver una parte de la misma.

Habiendo determinado las elipses para la imagen de la derecha y de la izquierda de la misma rueda (véase la figura 8) y habiendo seleccionado los segmentos del borde de la llanta de la rueda, la invención establece una correspondencia entre los elementos del borde de las imágenes los cuales corresponden al mismo punto físico.

Por ejemplo, en la figura 8, el elemento del borde de la imagen izquierda identificado por U_1 se hace que corresponda con el elemento del borde de la imagen derecha identificado por U_2 . De forma similar el elemento U'_1 se hace que corresponda con U'_2 .

Estas correspondencias se utilizan en el proceso de intersección entre dos rayos.

En la determinación de la intersección entre dos rayos, es posible que se obtenga una intersección parásita (véase la figura 10).

Estas intersecciones se descartan utilizando la asociación inicialmente determinada entre zonas las cuales corresponden aproximadamente al mismo punto físico.

Para cada par de rayos que corresponden a puntos aproximadamente asociados con el mismo punto físico (véase también la figura 10), se determina su "intersección".

En realidad, dada la precisión finita de los sensores y de la aritmética de la máquina, no se contempla una intersección exacta, sino en cambio los puntos a lo largo de los dos rayos separados una distancia mínima.

Se define entonces la intersección como la posición intermedia entre estos puntos.

El proceso de cálculo matemático es como sigue.

Se supondrá que los dos puntos son $T_1 = (a_1, a_2, a_3)$, $T_2 = (b_1, b_2, b_3)$. Obsérvese que $a_3 = b_3 = 0$ y $a_1 = -b_1$.

Se supondrá que $U_1 = (p_1, p_2, 1)$ y $U_2 = (q_1, q_2, 1)$ son los dos puntos que pertenecen al plano de la imagen la cual identifica la dirección de las líneas rectas que unen T_1 y U_1 .

Dados los dos vectores $x_1(t) = T_1 + t_1 U_1$ y $x_2(t) = T_2 + t_2 U_2$, en donde t indica el módulo de los vectores que empiezan a partir de T_1 y T_2 con una dirección definida por U_1 y U_2 , se desea calcular la distancia mínima entre ellos. El cuadrado de la distancia viene dado por:

$$D^2 = \|(T_1 + t_1 U_1) - (T_2 + t_2 U_2)\|^2$$

$$D^2 = (T_1^t + t_1 U_1^t - T_2^t - t_2 U_2^t) \cdot (T_1 + t_1 U_1) - T_2 - t_2 U_2$$

Haciendo $\Delta T^t = (T_1 - T_2)^t$, se tiene:

$$D^2 = (\Delta T^t + t_1 U_1^t - t_2 U_2^t) \cdot (\Delta T + t_1 U_1) - t_2 U_2 =$$

$$= (\Delta T^t \Delta T + \Delta T^t t_1 U_1 - \Delta T^t t_2 U_2 + t_1 U_1^t \Delta T + t_1^2 U_1^t U_1 -$$

$$t_1 U_1^t t_2 U_2 - t_2 U_2^t \Delta T - t_2 U_2^t t_1 U_1 + t_2^2 U_2^t U_2) =$$

$$= \Delta T^t \Delta T + t_1 (2 \Delta T^t U_1) + t_2 (-2 \Delta T^t U_2) + t_1 t_2 (-2 U_1^t U_2 +$$

$$t_1^2 (U_1^t U_1) + t_2^2 (U_2^t U_2)$$

Diferenciando con respecto a t_1 y t_2 , se tiene:

$$\delta D^2 / \delta t_1 = (2\Delta T^t U_1) + t_2(-2U_1^t U_2) + t_1(U_1^t U_1), \text{ y}$$

$$\delta D^2 / \delta t_2 = (-2\Delta T^t U_2) + t_1(-2U_1^t U_2) + t_2(U_2^t U_2)$$

haciéndolo igual a cero se obtiene el siguiente sistema de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas:

$$\begin{aligned} \Delta T^t U_1 - t_2 U_1^t U_2 + t_1 U_1^t U_1 &= 0 \\ -\Delta T^t U_2 - t_1 U_1^t U_2 + t_2 U_2^t U_2 &= 0 \end{aligned}$$

para obtener de ese modo el sistema de matrices:

$$\begin{bmatrix} U_1^t U_1 & -U_1^t U_2 \\ -U_1^t U_2 & U_2^t U_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta T^t U_1 \\ \Delta T^t U_2 \end{bmatrix}$$

Este sistema siempre tiene una solución con tal de que los dos rayos no sean paralelos, viendo que:

$$\begin{bmatrix} U_1^t U_1 & -U_1^t U_2 \\ -U_1^t U_2 & U_2^t U_2 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \|U_1\|^2 & \|U_1\| \|U_2\| \cos(\theta) \\ \|U_1\| \|U_2\| \cos(\theta) & \|U_2\|^2 \end{pmatrix}$$

y es válida la siguiente relación:

$$\cos(\theta) = \frac{(U_1^t U_2)}{\|U_1\| \|U_2\|}$$

en la que θ es el ángulo entre los dos vectores U_1 y U_2 .

Al terminar esta etapa, se produce un conjunto de puntos en el espacio, proporcionados por la intersección de dichos rayos. Estos puntos representan la posición real en el espacio de los elementos de la llanta de la rueda.

Habiendo determinado por lo menos tres puntos de la manera descrita, se pueden determinar los parámetros del plano que pasa a través de estos puntos, (figura 11), para obtener unívocamente la información espacial del plano de la rueda y por lo tanto los ángulos correspondientes. Para incrementar la precisión, se pueden utilizar más puntos, y el plano de la rueda se puede determinar utilizando procesos conocidos de interpolación matemática.

Habiendo obtenido las posiciones espaciales de todos los planos de la rueda, los ángulos característicos del vehículo se calculan utilizando técnicas conocidas.

Los ángulos característicos del vehículo se calculan según la invención teniendo en cuenta también la posible colocación incorrecta del vehículo dentro del lugar de medición. A este respecto, puede ocurrir que el eje longitudinal del vehículo no sea paralelo al eje longitudinal del lugar de medición, en cuyo caso la extensión de este error de colocación se debe calcular junto con un parámetro para corregir las mediciones.

Esto se alcanza mediante la invención una vez que ha sido determinada la posición espacial de las ruedas. Conociendo esta última es fácil determinar el centro de rotación de las ruedas y por consiguiente el punto central entre las ruedas del mismo eje. Habiendo identificado este punto para ambos ejes, se determina unívocamente la línea recta que pasa a través de los dos puntos centrales, esto es la línea de simetría del vehículo, después de lo cual utilizando relaciones matemáticas conocidas se calcula la inclinación de esta línea con respecto al eje de simetría del lugar de medición y esto se tiene en cuenta en el cálculo de los ángulos característicos del vehículo.

Una colocación incorrecta del vehículo dentro del lugar de medición se puede determinar también utilizando sensores ultrasónicos de tipo conocido previstos para medir la carrocería del vehículo. Para este propósito, a cada lado del lugar de medición se colocan separados a una distancia conocida dos sensores ultrasónicos, cuya zona de medición está encarada a la unión entre el lado del vehículo y el bajo de la carrocería, siendo medida entonces la distancia entre

ES 2 308 795 T3

el sensor y el vehículo. Comparando las mediciones de los cuatro transductores, se puede determinar la colocación de la carrocería (bastidor) y por lo tanto el eje longitudinal de simetría del vehículo.

5 Conociendo el eje longitudinal de simetría del vehículo, se puede determinar su desplazamiento del eje longitudinal de simetría del lugar de medición, habiendo sido este desplazamiento tenido en cuenta en los cálculos utilizados para la determinación de los ángulos característicos de la posición.

10 Esta segunda solución también tiene la ventaja sobre la anterior, de alinear las ruedas del vehículo con la posición del bastidor, no siendo esto posible con los alineadores del tipo conocido.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para regular la posición de un vehículo automóvil midiendo los ángulos característicos de las
5 ruedas, que comprende las operaciones siguientes:
 - obtener por lo menos un par de imágenes de cada rueda que se mueve mientras el vehículo está siendo colocado en el lugar de medición;
 - 10 - calcular para cada imagen la elipse que resulta de la interpolación de un número discreto de puntos que descansan sobre la imagen y que pertenecen al borde de la llanta de la rueda;
 - establecer, en cada par de imágenes, la correspondencia entre los puntos para determinar unívocamente el borde de la llanta de la rueda y su posición espacial;
 - 15 - calcular el valor de los ángulos característicos de la posición con relación a la posición espacial de la llanta de la rueda a partir de dicha correspondencia establecida.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el borde de la llanta de la rueda se identifica
20 dentro del par de imágenes.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el borde de la llanta de la rueda se identifica mediante la identificación de la zona en la que la transición entre los niveles de grises de la imagen es máxima.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la elipse se calcula a partir de cinco puntos que
25 descansan sobre la imagen del borde de la llanta de la rueda.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se obtienen por lo menos dos pares de imágenes de la rueda que se mueve mientras el vehículo está siendo colocado dentro del lugar de medición.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque cualquier defecto en la perpendicularidad del
30 eje de la llanta de la rueda con su eje de rotación se calcula comparando los dos pares de imágenes de cada rueda que se mueve.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se obtienen por lo menos dos pares imágenes
35 de la rueda estacionaria dentro del lugar de medición, correspondiendo éstos a por lo menos dos posiciones diferentes de dirección.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque se comparan los datos de la variación angular
40 obtenidos en dichas posiciones y se calcula la posición espacial del eje de la dirección.
9. Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se determina el centro de rotación de las ruedas, los ejes que unen los centros de rotación de las ruedas frontal y posterior respectivamente, la línea
45 recta que pasa a través de los puntos centrales de dichos ejes, y las desviaciones angulares de dicha línea recta del eje longitudinal del lugar de medición y por último los parámetros de corrección para las mediciones calculadas.
10. Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se visualizan todos los datos cal-
culados en un monitor, para permitir que el operario realice los ajustes necesarios.
11. Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 1, que comprende unos medios para:
50
 - la obtención de por lo menos un par de imágenes de cada rueda que se mueve mientras el vehículo está siendo colocado en el lugar de medición;
 - 55 - el cálculo para cada imagen de la elipse que resulta de la interpolación de un número discreto de puntos que descansan sobre la imagen y que pertenecen al borde de la llanta de la rueda;
 - el establecimiento, en cada par de imágenes, de la correspondencia entre los puntos para determinar unívo-
camente el borde de la llanta de la rueda y su posición espacial; y
 - 60 - el cálculo del valor de los ángulos característicos de la posición con relación a la posición espacial de la llanta de la rueda a partir de dicha correspondencia establecida.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado** porque dichos medios para la obtención de por lo menos
65 un par de imágenes de cada rueda que se mueve están posicionados en un bastidor deslizante, cuyos movimientos se generan mediante un motor asociado con un codificador el cual está controlado por unos medios de detección de la presencia del vehículo cuando se encuentra en la proximidad de su posición final dentro del lugar de medición.

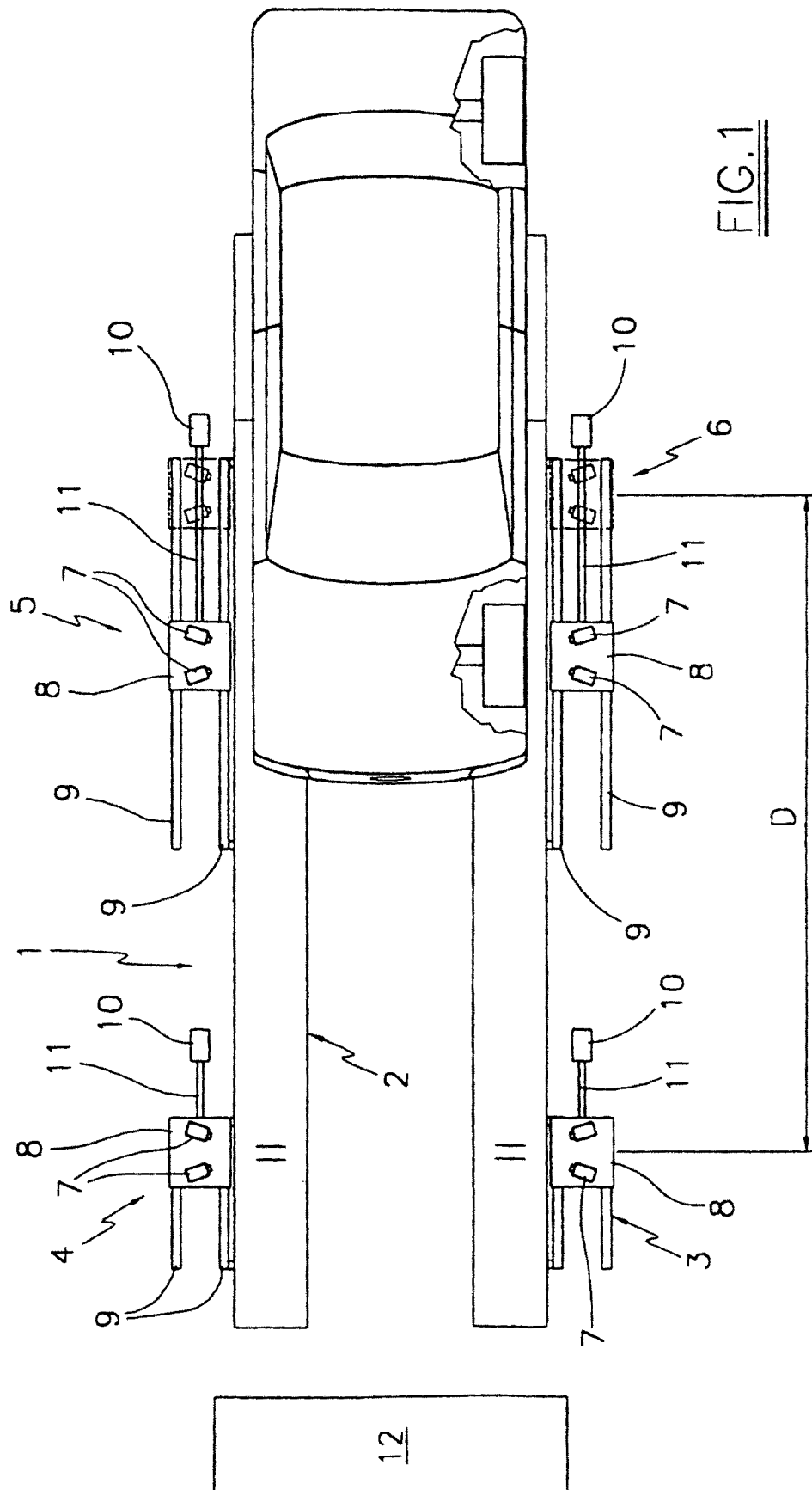


FIG. 1

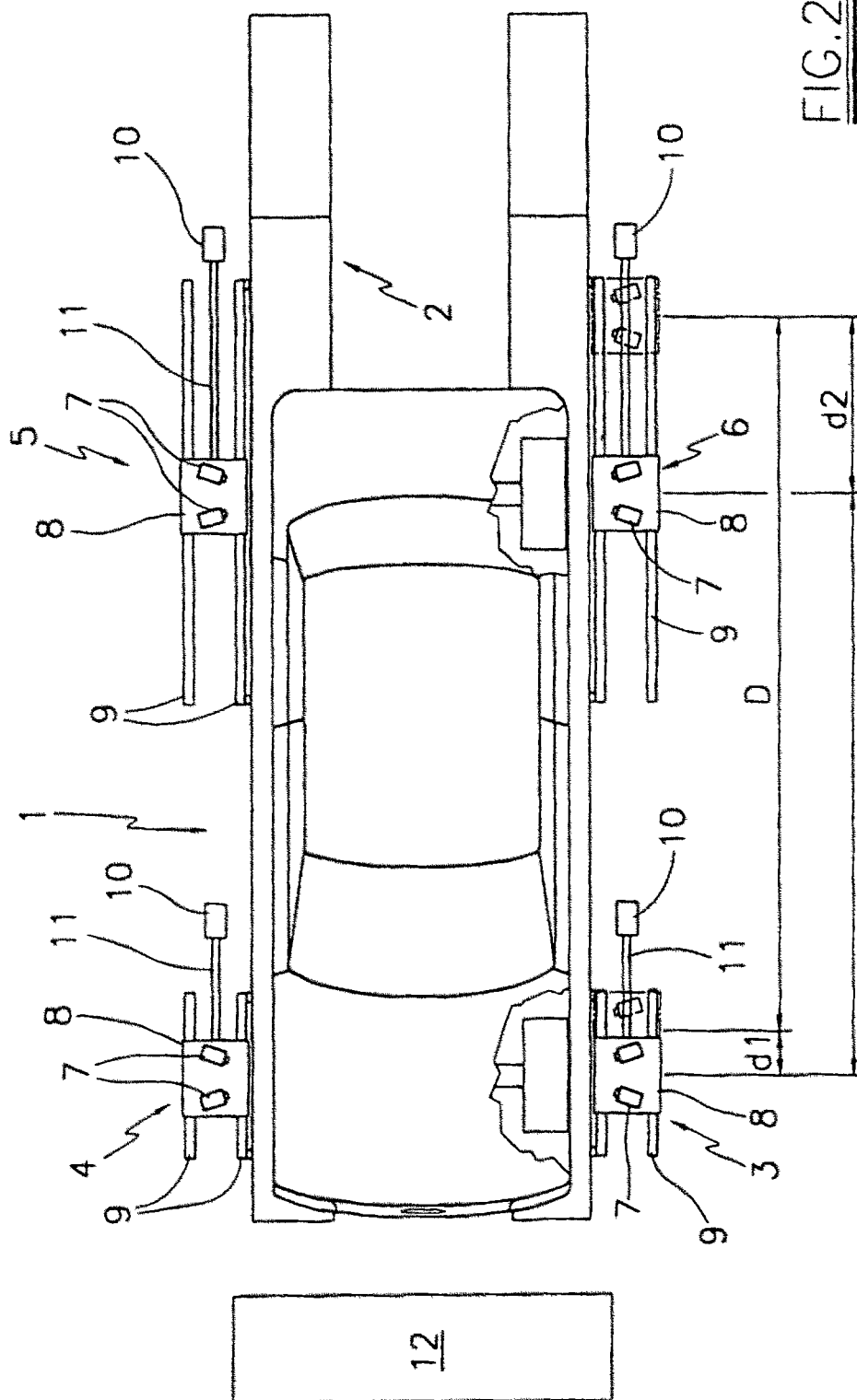
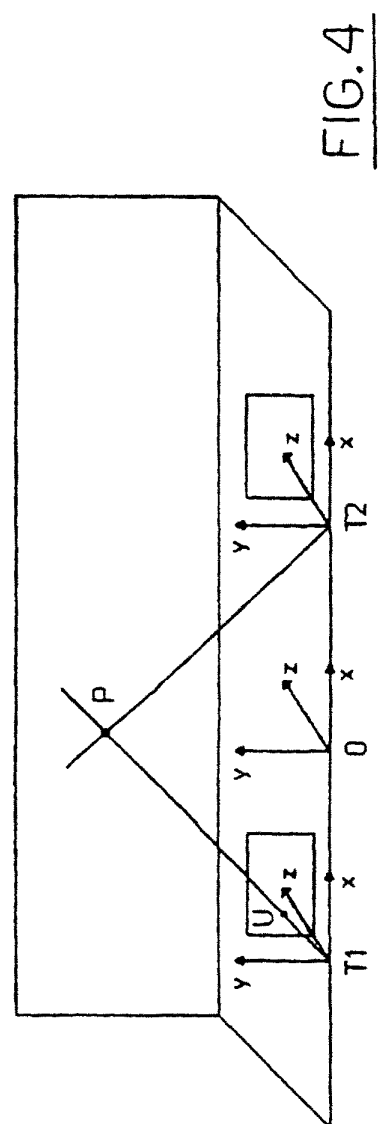
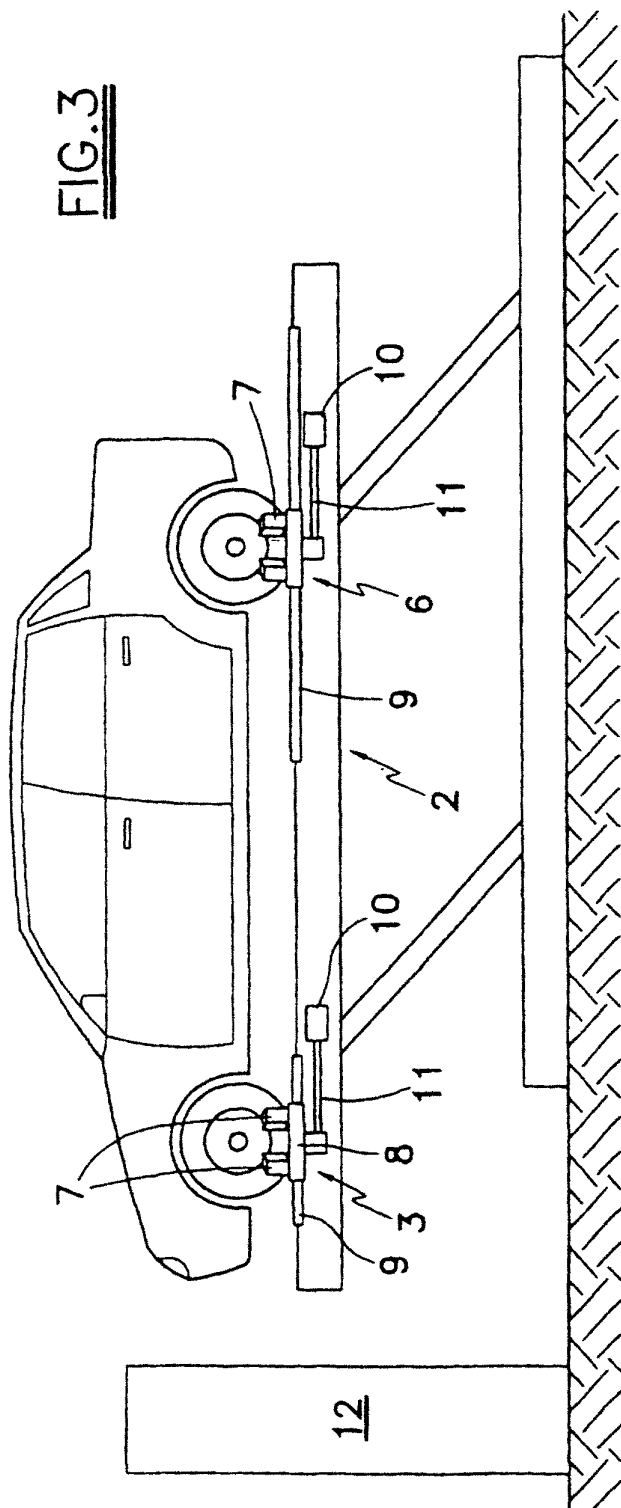


FIG. 2



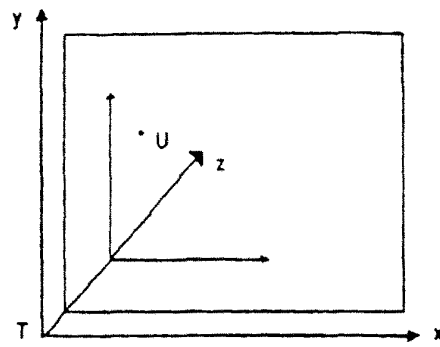


FIG. 5

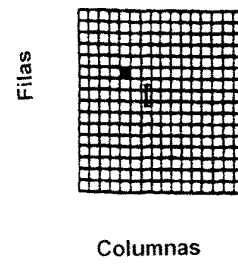


FIG. 6

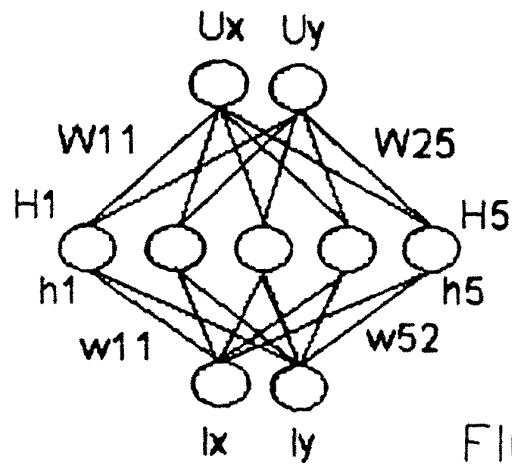


FIG. 7

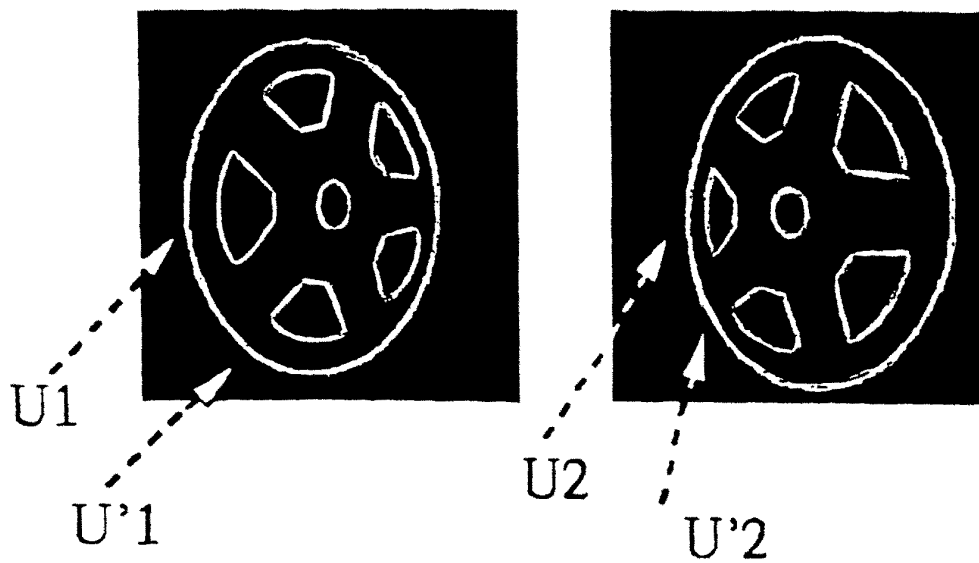


FIG. 8

