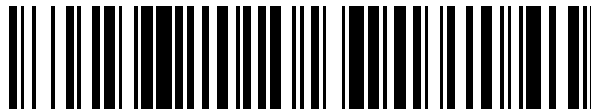


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 711**

21 Número de solicitud: 201430808

51 Int. Cl.:

A63H 18/12 (2006.01)

A63H 29/22 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

28.05.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.12.2015

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

20.07.2016

Fecha de la concesión:

31.10.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.11.2016

73 Titular/es:

MAYOR CUESTA, Juan Antonio (25.0%)
C/ Luis Sánchez Zorrilla, 12
28037 Madrid (Madrid) ES;
LAMBAS MAGRON, Adelina (25.0%);
LAMBÁS MAGRÓN, Clara (25.0%) y
SALAS ROJAS, Rocío (25.0%)

72 Inventor/es:

LAMBÁS SEÑAS, Fernando

54 Título: **Procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil, y dispositivo utilizado**

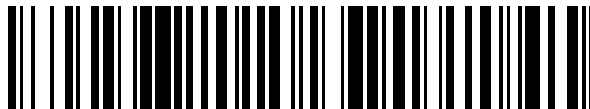
ES 2 552 711 B2

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 711**

21 Número de solicitud: 201430808

57 Resúmen:

Procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil, y dispositivo utilizado.

El procedimiento, en el caso más completo, comprende las etapas de:

- a) Generar una serie de parámetros característicos de cada tramo de la trayectoria durante un recorrido de reconocimiento del móvil.
- b) Caracterizar la trayectoria mediante autocorrelación de desfase variable de la serie de parámetros característicos, obteniendo su periodicidad. Siendo el número de tramos del circuito N coincidente con la distancia entre dos máximos consecutivos de la función autocorrelación $C(k)$.
- c) Localizar la posición del móvil sobre la trayectoria mediante correlación de desfase variable de la trayectoria obtenida en la etapa b), con el movimiento del móvil sobre la misma.
- d) Controlar automáticamente la velocidad del móvil en función de los parámetros obtenidos para cada tramo.

El equipo que ejecuta el procedimiento anterior, comprende un dispositivo de medida y control (DMC) incorporado al móvil, y un mando electrónico para el piloto (MEP) conectado con el dispositivo anterior vía radio.

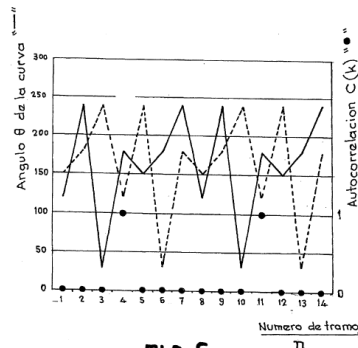


FIG. 6

ES 2 552 711 B2

5

DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE CARACTERIZACIÓN DE TRAYECTORIAS ENCARRILADAS DESCONOCIDAS RECORRIDAS POR UN MÓVIL, Y DISPOSITIVO UTILIZADO

10 La presente invención se refiere a un procedimiento de caracterización de una trayectoria cerrada sobre carril, rail, o cable guía, desconocida previamente, pero recorrida por un móvil controlado digitalmente, sin la utilización de sensores externos al móvil, ni recepción de señales externas de ningún tipo.

15 Esta invención es aplicable a vehículos eléctricos a escala de control digital, tales como los vehículos a escala de carreras (slots), trenes eléctricos y similares, que es donde ha sido validada, pero también a dispositivos de conducción automática en tamaño real, tales como vagones de metro, almacenes automatizados, y en general en cualquier vehículo en el que se precise reconocer una trayectoria repetitiva y controlar automáticamente la marcha sobre la misma. Su campo de aplicación es el de los sistemas de control de vehículos.

20 **Antecedentes de la invención**

Son conocidos numerosos sistemas de ayuda a la conducción de diversos vehículos de transporte, como tranvías, trenes, vagones de metro etc. que presentan una trayectoria repetitiva. Habitualmente se utilizan sistemas complejos que suelen recurrir al empleo de balizas externas que transmiten al vehículo la información de su posición, así como a la
25 utilización de dispositivos GPS embarcados. En general se trata de dispositivos caros y complejos con un elevado riesgo de error debido a la multiplicidad de elementos.

También se conocen unos juguetes constituidos por vehículos eléctricos a escala dotados de movimiento guiado por unas pistas o vías, siendo los más conocidos los vehículos de carreras (slots) y los trenes eléctricos

30 Estas pistas o vías comprenden un par de tiras metálicas o electrodos continuos paralelos en los que hacen contacto unas escobillas o partes del vehículo para tomar dinámicamente la necesaria energía eléctrica, energía que acciona un motor de corriente continua equipado en el vehículo, y en algunos casos la iluminación en el propio vehículo.

35 En el caso de vehículos de slots se disponen varias pistas en paralelo para permitir adelantamientos, traccionando las ruedas de los vehículos por un soporte de las pistas que

5 simula una carretera o circuito de carreras, usualmente constituido por piezas montables entre sí

Cada pista en este caso comprende una ranura flanqueada por ambos electrodos, ranura por la que se inserta y desliza una guía del vehículo provista de las escobillas

10 Tradicionalmente la variación de la velocidad se ha conseguido variando, mediante un reostato manejado por el usuario, la tensión de alimentación suministrada al motor del vehículo

Por esta razón se necesita una pista por cada vehículo, lo que perjudica la competitividad al tener las pistas morfologías diferentes (interior o exterior, peraltes, etc)

Modernamente se ha solventado este problema mediante el control digital

15 Este control se basa en incorporar en cada vehículo un circuito decodificador/ regulador capaz de leer unas señales de control individualizadas que se inyectan mediante modulación de pulsos en la alimentación suministrada a los vehículos a través de los electrodos de las pistas, alimentación que en este caso pasa a ser continua e igual a la nominal de los motores, y común para todas las pistas y vehículos

20 La parte decodificadora del circuito de cada vehículo interpreta los comandos dirigidos al mismo (nivel de velocidad, encender o apagar la iluminación) y la parte reguladora los ejecuta, bien regulando la tensión que llega al motor o conmutando la iluminación

25 La individualización de las señales de control se realiza integrando en los comandos un código único por vehículo, de modo que, de todos los comandos para todos los vehículos inyectados en los electrodos de las pistas, cada vehículo es capaz de discriminar los suyos

Esto permite la circulación de todos los vehículos por todas las pistas, pudiendo elegir el trazado más favorable y permitiendo los cambios de pista para adelantamientos mediante dispositivos electromecánicos adecuados de cambio de pista

30 La alimentación y señales de control son suministradas desde una consola de control microprocesada a la que se conectan los mandos que manejan los usuarios

Los dispositivos electromecánicos de cambio de pista son iguales a los tradicionales cambios de vía o aguja de los trenes eléctricos y se activan en el sentido adecuado al paso de cada vehículo según las órdenes que el usuario da a través de su mando, y que son

5 adecuadamente procesadas y transformadas en comandos por el control digital, concretamente en la consola

El control digital comprende también la implantación de un sistema de localización de los vehículos para sincronizar determinados eventos, como la selección en un sentido u otro de un cambio de vía o pista para el mismo o la captura de un tiempo (cronometraje), con el
10 paso de un vehículo concreto y no con otro

En slots este sistema de localización se viene materializando mediante una red de sensores convenientemente distribuidos a lo largo del recorrido

Cuando un usuario genera un comando para su vehículo que requiere una sincronización externa, por ejemplo un cambio de pista, el vehículo recibe el comando y emite una señal
15 que, al paso por un sensor cualquiera es recogida por éste localizando al vehículo, y sirve al control para sincronizar la acción correspondiente, por ejemplo la activación del cambio de vía para ese vehículo sin afectar a los otros

La implementación de estos sensores actualmente se basa en sistemas mecánicos y magnetomecánicos, donde un imán es activado por un sistema mecánico accionado al paso
20 del vehículo; o también por sistemas ópticos, donde un fotodiodo detecta el haz emitido por otro fotodiodo emisor provisto en el vehículo; o por sistemas electrónicos mediante la variación por derivación en paralelo de resistencias óhmicas distribuidas por las pistas, con una resistencia montada en el vehículo.

En el primero de los casos se tienen pérdidas considerables de potencia tanto por rozamientos mecánicos como por los campos magnéticos. En el segundo se producen
25 errores por suciedad en los fotodiodos o por condiciones de iluminación inadecuadas, y en el tercero se precisa igualmente dotar de sensores en pista al circuito para detectar el paso del vehículo. Todos ellos presentan dos importantes inconvenientes: la incertidumbre de la posición de los vehículos en el circuito hasta que pasan por un punto de detección o sensor
30 en pista, y la necesidad de dotar al circuito de elementos adicionales que con el paso del tiempo y del uso se deterioran. Adicionalmente, cuando un vehículo se sale de la pista, el sistema pierde su posición, hasta que no vuelva a pasar por el próximo sensor.

En el caso de que este tipo de instalaciones de slot se utilicen para competición, los conductores tienen que entrenar previamente sin tener una referencia fiable de cuales
35 pueden ser los tiempos de referencia mínimos a alcanzar por vuelta, salvo que se disponga de datos históricos que tampoco son fiables al referirse a distintos repartos del peso entre ejes, composición de las gomas de las ruedas y otras características de los distintos

5 vehículos. La utilización de simuladores como se hace en carreras de formula 1 queda excluida por coste, complejidad y numero de instalaciones fijas existentes.

En consecuencia, es un objetivo de la presente invención el disponer de un dispositivo que ejecute un procedimiento que permita caracterizar la trayectoria repetitiva del móvil, sin utilización de ayudas externas.

10 Es otro objetivo de la presente invención el disponer de un dispositivo que ejecute un procedimiento de autolocalización del móvil sobre la trayectoria previamente caracterizada, sin apoyos externos.

Y finalmente, es otro objetivo de la presente invención el poder, una vez caracterizada la trayectoria y autolocalizado el móvil, realizar la conducción automática del mismo en función
15 de las características que se deseen; bien obtener la máxima velocidad media y tiempo mínimo por vuelta, bien asegurar un control de seguridad que impida que el móvil abandone su trayectoria encarrilada.

Descripción de la invención

20 Para alcanzar los objetivos propuestos se ha concebido el procedimiento y dispositivo de la invención, que tiene una constitución óptima para implementar una autolocalización efectiva de los móviles controlados digitalmente sobre una trayectoria cerrada y encarrilada a lo largo del recorrido que efectúan.

El fundamento de la invención consiste en incorporar dentro del móvil un giróscopo, un
25 sensor de tensión de pista y un dispositivo electrónico microprocesado en serie con el motor del coche. En función de los datos recibidos del giróscopo y del sensor de tensión de pista es capaz de reconocer y memorizar los parámetros característicos del trazado del circuito y conocer en todo momento cual es su posición en el mismo. Lo novedoso de este sistema es que el móvil es capaz de saber su posición en la pista sin necesidad de sensores o balizas
30 externos como utilizan los sistemas actuales. Además, el posicionamiento lo realiza con precisión suficiente como para permitir la conducción automática, es decir, sin pilotaje ni ayuda externa, controlando la velocidad del motor y los puntos de frenada idóneos, identificando la posición de cambios de carril y entrada en las vías de servicio si los hubiera. Para ello, además de los sensores y de la electrónica microprocesada, se le dota de un
35 programa adecuado grabado en memoria no volátil que ejecuta una serie de algoritmos que se explican más adelante.

5 Se puede dotar al sistema de una red de radio que permita intercambiar información entre los móviles y los pilotos mediante una centralita de control que reciba de forma continua y precisa información de la posición de los vehículos, ya sean pilotados o no. Esto permite enviar a los móviles órdenes de ejecución inmediata como paradas, limitación de velocidad y también parámetros que definan la forma de conducción de cada tramo, tales como
10 aceleración y velocidad máxima. Esta información puede tener una parte pública y otra privada ya que, por ejemplo, los datos de puntos de frenado, velocidad de paso por curva etc conseguidos en entrenamientos de carreras de slot no es conveniente que sean conocidos por los competidores.

En circuitos con cruces de pistas se podrá programar la elección de trazado y cambios de
15 carril. Al conocer la posición de los vehículos la centralita puede ejecutar algoritmos que eviten la colisión de los vehículos en puntos conflictivos.

La invención es, por tanto, un conjunto de sensores, electrónica microprocesada y programa que realiza las siguientes funciones:

- 20 a) Generar una serie de parámetros característicos de cada tramo de la trayectoria durante un recorrido de reconocimiento repetitivo del móvil, guardando dichos parámetros para permitir al vehículo posteriormente saber su posición en el circuito con precisión.
- 25 b) Caracterizar la trayectoria mediante autocorrelación de desfase variable de la serie de parámetros característicos, obteniendo su periodicidad.
- c) Localizar la posición del móvil sobre la trayectoria mediante correlación de desfase variable de la trayectoria obtenida en la etapa b) con el movimiento del móvil sobre la
30 misma.
- d) Controlar automáticamente la velocidad del móvil en función de los parámetros obtenidos para cada tramo, de forma que se consiga una conducción automática a velocidad óptima sin salirse de pista. También se pueden ejecutar las órdenes
35 recibidas en caso de tener el móvil conexión con el exterior.

5 De forma general consideramos una serie temporal como un conjunto de valores de un determinado fenómeno que varía en los períodos de tiempo o en diferentes tramos consecutivos de la trayectoria que caracterizan un circuito.

Indicando de forma genérica con Y los valores del fenómeno característico y con un índice n los periodos o tramos sucesivos, podemos notar la sucesión de valores como:

$$\{Y(n): n = 1,2,3, \dots N\} = Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N \quad (1)$$

10

En el caso de ser un circuito cerrado de N elementos, los valores se repetirán con una periodicidad igual al número de elementos N de que se compone el circuito.

$$\{Y(n): n = 1,2,3, \dots N, \dots\} = Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N, Y_1, Y_2, Y_3, \dots \quad (2)$$

15 Si introducimos en la trayectoria un móvil en un punto cualquiera y obtenemos la sucesión Z de valores del fenómeno observado, decimos que la nueva sucesión está retrasada respecto a la anterior Y el valor κ , que llamamos retardo o desfase entre ambas sucesiones.

$$\left\{ \begin{array}{l} \{Z(n): n = 1,2,3, \dots N, \dots\} = Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N, Z_1, Z_2, Z_3, \dots \\ Z(n) = Y(n - \kappa) \\ \{Z(n): n = 1,2,3, \dots N, \dots\} = Y_{1-\kappa}, Y_{2-\kappa}, \dots, Y_{N-\kappa}, Y_{1-\kappa}, Y_{2-\kappa}, \dots \end{array} \right. \quad (3)$$

20

A estas sucesiones aplicamos el análisis de series temporales basados en la función de autocorrelación para determinar la periodicidad y el retardo entre ambas series.

Después construiremos el correlograma, representación gráfica de la correlación para diferentes desfases, donde observaremos la periodicidad al encontrar unos máximos en el correlograma separados una distancia igual a la longitud de la serie de la variable que representa el circuito.

25

Si aumentamos progresivamente el desfase κ observaremos que cuando las dos series están enfrentadas obtenemos un máximo de correlación entre ambas series. Este valor se repite periódicamente y alcanza el máximo cada vez que el desfase κ es igual a un múltiplo del número de elementos N del circuito.

30

- 5 Para el proceso de cálculo partimos de la función de autocorrelación de desfase variable definida en la siguiente formula, donde Y es la variable característica a correlar, n el número de puntos de la serie y κ el desfase entre las series

$$\left\{ \begin{array}{l} C(\kappa) = \frac{1}{n} \sum_n Y(n) Y(n - \kappa) \\ \kappa = 1, 2, 3, \dots \end{array} \right. \quad (4)$$

10 Esta función nos permite, eligiendo las variables características, determinar la periodicidad de la serie y observar los puntos de máxima amplitud en el correlograma (representación grafica de esta función), donde estos valores máximos representan los puntos en que el desfase κ entre ellas es cero.

- 15 En el correlograma observaremos unos valores máximos separados un múltiplo del valor N . Esto nos va a permitir conocer la periodicidad durante el recorrido de reconocimiento repetitivo.

Aunque los procedimientos de autocorrelación son conocidos para el análisis de todo tipo de series temporales, su aplicación particular a la resolución del problema que nos ocupa es novedosa por lo que, a riesgo de hacer algo extenso el texto, detallaremos los pasos necesarios de forma tal que sea entendido por un experto en la materia..

20

a) Generar una serie de parámetros característicos de cada tramo de la trayectoria durante un recorrido de reconocimiento repetitivo del móvil.

25 Sea un circuito cerrado no simétrico formado por un número M de carriles paralelos separados una distancia D .

Cada uno de los carriles lo dividimos en N tramos compuestos por una curva y la recta que le precede.

Cada curva está definida por el arco de ángulo Θ y radio de curvatura R , la recta que le precede por su longitud L . Haremos $L=0$ cuando la longitud de la recta sea menor que la resolución de la medida.

30

- 5 Limitamos a **RM** el número máximo de radios de curvatura posibles. Asignamos a cada radio de curvatura **RD** de índice **K** (dentro del conjunto de números naturales) el valor correspondiente calculado a partir del radio de menor curvatura **R0** y la separación entre carriles **D**.

$$\left\{ \begin{array}{l} RD(K) = R0 + (K - 1) \times D \\ K \in \mathbb{N} \text{ (números naturales)} \\ 0 < K \leq RM \end{array} \right. \quad (5)$$

- 10 Llamaremos **i** al índice del carril del circuito y **j** al índice de los tramos sucesivos que forman el carril.

Elegimos de forma arbitraria el origen en el tramo que contiene la recta más larga y le asignaremos el valor **j=1**, también convenimos en asignar el índice **i=1** al carril situado a la derecha del circuito en el sentido del movimiento.

- 15 Consideramos, para definir el circuito, los parámetros característicos con las siguientes series:

- **S(i,j)** serie de sentido de giro de las curvas.
- **Θ(i,j)** serie de ángulos de las curvas.
- **R(i,j)** serie de radios de las curvas.
- 20 • **L(i,j)** serie de longitudes de las rectas que preceden a las curvas.

Se observa que debido a las características del los valores de **S**, **Θ** y **L** son independientes del carril por el que circule el móvil.

- Consideramos el sentido de giro **S** como positivo e igual a 1 cuando el giro es a derechas y -
25 1 cuando es a izquierdas.

Si el circuito presenta simetría en la variable **S**, por ejemplo todas las curvas a la derecha, tendríamos que elegir otras de las series en el proceso de cálculo para eliminar esta simetría.

- Al ser un circuito cerrado no simétrico las series tienen una periodicidad **N** igual al número
30 de tramos que lo componen.

5

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \{S(i, j): i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N, \dots\} = S_1, S_2, \dots, S_n, \dots \\
 \{\theta(i, j): i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N, \dots\} = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n, \dots \\
 \{R(i, j): i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N, \dots\} = R_1, R_2, \dots, R_n, \dots \\
 \{L(i, j): i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N, \dots\} = L_1, L_2, \dots, L_n, \dots \\
 \\
 \forall j > N : \begin{cases} S(i, j) = S(i, j \bmod N) \\ \theta(i, j) = \theta(i, j \bmod N) \\ R(i, j) = R(i, j \bmod N) \\ L(i, j) = L(i, j \bmod N) \end{cases} \\
 \\
 i = \text{indice_carril} \\
 j = \text{indice_tramo} \\
 \\
 M = \text{número_de_carriles_del_circuito} \\
 N = \text{número_tramos_del_circuito}
 \end{array} \right. \quad (6)$$

Con el objetivo de obtener datos para generar las series de parámetros característicos incorporamos el móvil al circuito en cualquier carril, al que asignamos el índice x , y en cualquier tramo de la trayectoria de índice de tramos sucesivos $k=j-k$, siendo k el número de tramos de desfase con el origen prefijado para el circuito.

Hacemos con el móvil un recorrido de reconocimiento repetitivo a una velocidad lineal v conocida y constante, durante un número n de tramos.

Elegiremos n como un número par mayor que el doble de los N tramos esperados que componen los carriles del circuito dando como mínimo dos vueltas al circuito. El objeto es tener la seguridad de que tenemos datos suficientes para realizar el proceso de cálculo de la función de autocorrelación para determinar la periodicidad del circuito como describiremos con detalle en el apartado b).

Podemos resumir las condiciones del recorrido realizado por el circuito:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 v = \text{Constante} \\
 n > 2N \\
 0 < x \leq M \\
 N, M \in \mathbb{N}
 \end{array} \right. \quad (7)$$

Durante el recorrido, gracias a un dispositivo electrónico incorporado en el móvil hemos medido el tiempo transcurrido entre la entrada y la salida de cada una de las curvas tc' y entre la entrada y la salida de las rectas tr' que la preceden.

5 También, merced al giróscopo que incorpora, hemos medido las velocidades angulares ω' en las curvas. Como criterio consideramos positivas las velocidades angulares en los giros hacia la derecha y negativas en los giros a la izquierda.

Con estas medidas obtenemos las siguientes series correspondientes al carril x del circuito que siendo k el índice de los tramos sucesivos que la componen.

- 10
- $tr'(x, k)$ serie de los tiempos de las rectas que preceden a las curvas.
 - $tc'(x, k)$ serie de los tiempos de las curvas.
 - $\omega'(x, k)$ serie de las velocidades angulares de las curvas.

Notamos con el símbolo prima las variables medidas durante el recorrido de reconocimiento.

$$\left\{ \begin{array}{l} \{tr'(x, k): k = 1, 2, \dots, n\} = tr'_1, tr'_2, \dots, tr'_n \\ \{tc'(x, k): k = 1, 2, \dots, n\} = tc'_1, tc'_2, \dots, tc'_n \\ \{\omega'(x, k): k = 1, 2, \dots, n\} = \omega'_1, \omega'_2, \dots, \omega'_n \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n > N \\ x = \text{número_carril} \\ k = \text{número_tramo_medido} \\ n = \text{número_tramos_medidos} \\ N = \text{número_tramos_del_circuito} \end{array} \right.$$

15 En el proceso de cálculo utilizaremos las funciones valor absoluto **abs**, parte entera **int**, módulo **mod** y redondeo a un múltiplo **red** de un número definidas a continuación. La aplicaremos a una variable Y siendo m , el valor del que la variable será múltiplo entero.

$$\left\{ \begin{array}{l} abs(Y) = |Y| = \begin{cases} Y, & Y > 0 \\ -Y, & Y < 0 \end{cases} \\ \\ int(Y) = \lfloor Y \rfloor = \max\{k \in \mathbb{N} : k \leq Y\} \\ \\ mod(Y, m_Y) = Y - \left\lfloor \frac{Y}{m_Y} \right\rfloor m_Y \\ \\ red(Y, m_Y) = [Y, m_Y] = \begin{cases} mod(Y, m_Y) < \frac{m_Y}{2}, & \left\lfloor \frac{Y}{m_Y} \right\rfloor m_Y \\ mod(Y, m_Y) \geq \frac{m_Y}{2}, & \left(\left\lfloor \frac{Y}{m_Y} \right\rfloor + 1 \right) m_Y \end{cases} \end{array} \right. \quad (9)$$

5 El objetivo es aproximar los valores obtenidos a múltiplos del menor valor posible. Por ejemplo, si el ángulo mínimo posible de una curva es 30° y obtenemos un valor calculado del ángulo θ entre 165° y 194° a θ se le asigna el valor de 180°

A partir de estas series de datos medidos definidos en (8) podemos calcular otras como la longitud de las rectas lr' que utilizaremos en el apartado d), el sentido de giro en las curvas

10 s' , el ángulo girado θ' y radio r' e índice K de cada una de ellas

$$\left\{ \begin{array}{l} \{lr'(x, k) : k = 1, 2, \dots, n\} = lr'_1, lr'_2, \dots, lr'_n \\ \\ lr'^{(x,k)} = [v \ tr'(x, k), m_{lr}] \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{s'(x, k) : k = 1, \dots, n\} = s'_1, s'_2, \dots, s'_n \\ \\ s'(x, k) = \begin{cases} 1, & \omega'(x, k) > 0 \\ -1, & \omega'(x, k) < 0 \end{cases} \end{array} \right. \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{\theta'(x, k) : k = 1, 2, \dots, n\} = \theta'_1, \theta'_2, \dots, \theta'_n \\ \\ \theta'^{(x,k)} = [|\omega'(x, k)| \ tc'(x, k), m_\theta] \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{r'(x, k) : k = 1, 2, \dots, n\} = r'_1, r'_2, \dots, r'_n \\ \\ r'(x, k) = \left[\frac{360}{2\pi} \frac{v}{|\omega'(x, k)|}, m_r \right] \end{array} \right. \quad (13)$$

- 5 Calculamos el índice del radio de curvatura K en cada una de las curvas de la trayectoria por el carril x que utilizaremos posteriormente en el proceso de detección del número de carril.

$$\left\{ \begin{array}{l} K(x, k) = \frac{r(x, k) - R0}{D} + 1 \\ 0 < K \leq RM \\ K \in \mathbb{N} \\ m_{kk} = 1 \\ D = \text{separación_carriles} \\ R0 = \text{radio_menor_curvatura} \end{array} \right. \quad (14)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{K'(x, k): k = 1, 2, \dots, n\} = K'_1, K'_2, \dots, K'_n \\ K'(x, k) = \left[\frac{r'(x, k) - R0}{D} + 1, m_k \right] \end{array} \right. \quad (15)$$

- 10 Con los valores de las series obtenidas s' y θ' vamos a calcular a continuación la periodicidad de las series basada en la función de autocorrelación.

b) Caracterizar la trayectoria mediante autocorrelación de desfase variable de la serie de parámetros característicos, obteniendo su periodicidad.

- 15 Recordamos la fórmula del coeficiente de autocorrelación (4) como el sumatorio de los productos de los elementos de la una serie y la misma desfasada una distancia κ . Este producto es máximo cuando el desfase $\kappa=0$, repitiéndose este máximo cada vez que las series estén enfrentadas, es decir cuando el desfase sea múltiplo del número de tramos del circuito N .

20

$$C(\kappa) = \frac{1}{n} \sum_n Y(n) Y(n - \kappa)$$

$$\kappa = 0, 1, 2, \dots, \frac{n}{2}$$

- 5 En la fórmula, sustituimos el producto de los pares de elementos $Y(n)Y(n - \kappa)$ por la función $f(Y(n), Y(n - \kappa))$ aquí definida

$$\left\{ \begin{array}{l} C(\kappa) = \left[\frac{1}{n} \sum_n f(Y(n), Y(n - \kappa)) \right] \\ \kappa = 0, 1, \dots, \frac{n}{2} \\ f(Y(n), Y(n - \kappa)) = \begin{cases} 1, & Y(n) = Y(n - \kappa) \\ 0, & Y(n) \neq Y(n - \kappa) \end{cases} \end{array} \right. \quad (16)$$

- 10 Aplicamos lo anterior a una o varias de las series obtenidas de parámetros característicos calculados en (11), (12) y (13).

También podemos utilizar una definición equivalente de $C(\kappa)$

$$C(\kappa) = \begin{cases} 1, & \forall n : X(n) = X(n - \kappa) \\ 0, & \exists n : X(n) \neq X(n - \kappa) \end{cases} \quad (17)$$

- 15 Con los n valores correspondientes al sentido de la curva s , ángulo girado θ e índice K del radio de curvatura r calculados en (14), (12) y (11) calculamos los coeficientes de correlación $C(\kappa)$ para los desfases κ .

- 20 Para el sentido de la curva s el valor de $C_s(\kappa)$ será:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_s(\kappa) = \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^{\frac{n}{2}} f(s'(x, k), s'(x, k - \kappa)) \right] \\ f(s'(x, k), s'(x, k - \kappa)) = \begin{cases} 1, & s'(x, k) = s'(x, k - \kappa) \\ 0, & s'(x, k) \neq s'(x, k - \kappa) \end{cases} \\ \kappa = 0, 1, \dots, \frac{n}{2} \end{array} \right. \quad (18)$$

Para el ángulo de la curva θ el valor de $C_\theta(\kappa)$ será:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{\theta}(\kappa) = \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^{\frac{n}{2}} f(\theta'(x, k), \theta'(x, k - \kappa)) \right] \\ \text{siendo} \\ f(\theta'(x, k), \theta'(x, k - \kappa)) = \begin{cases} 1, & \theta'(x, k) = \theta'(x, k - \kappa) \\ 0, & \theta'(x, k) \neq \theta'(x, k - \kappa) \end{cases} \\ \text{para} \\ \kappa = 0, 1, \dots, \frac{n}{2} \end{array} \right. \quad (19)$$

5 Utilizando la definición (15) podemos obtener los valores de la función como:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_s(\kappa) = \begin{cases} 1, & \forall k : s'(x, k) = s'(x, k - \kappa) \\ 0, & \exists k : s'(x, k) \neq s'(x, k - \kappa) \end{cases} \\ \kappa = 0, 1, \dots, \frac{n}{2} \end{array} \right. \quad (20)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{\theta}(\kappa) = \begin{cases} 1, & \forall k : \theta'(x, k) = \theta'(x, k - \kappa) \\ 0, & \exists k : \theta'(x, k) \neq \theta'(x, k - \kappa) \end{cases} \\ \kappa = 0, 1, \dots, \frac{n}{2} \end{array} \right. \quad (21)$$

Para cada valor de κ obtenemos para cada una de las variables un coeficiente $C_Y(\kappa)$ obteniendo un coeficiente final $C(\kappa)$ conjunción lógica de los anteriores.

$$C(\kappa) = C_s(\kappa) \wedge C_{\theta}(\kappa) \quad (22)$$

10 La periodicidad de la serie es la diferencia de los índices de dos elementos consecutivos de la serie $C(\kappa)$ distintos de cero.

$$\begin{cases} \{C(\kappa): \kappa = 0, 1, 2, \dots, \frac{n}{2}\} = C_0, C_1, C_2, \dots, C_{\frac{n}{2}} \\ C(\kappa) = \begin{cases} 1, & \forall \kappa : \kappa \bmod N = 0 \\ 0, & \exists \kappa : \kappa \bmod N \neq 0 \end{cases} \end{cases} \quad (23)$$

5 El número de tramos del circuito N coincide con la distancia entre dos máximos consecutivos de la serie $C(\kappa)$

Una vez conocidos el número de tramos de que se compone el circuito y el desfase entre el punto fijado como origen $j=1$ y el punto de entrada del móvil al circuito de índice k haremos una indexación de las series, con el criterio de que el índice igual a 1 sea el del tramo en que la recta que precede a la curva sea de mayor longitud, mismo criterio que utilizamos en la definición del circuito.

10

Con las series medidas (8) y el desfase ya conocido κ correspondientes al carril x del circuito que asignaremos como j el índice de los tramos sucesivos haremos la indexación de:

- 15
- $tr(x, j)$ serie de los tiempos de las rectas que preceden a las curvas.
 - $tc(x, j)$ serie de los tiempos de las curvas.
 - $\omega(x, j)$ serie de las velocidades angulares de las curvas.

Notamos con minúsculas los parámetros característicos finales calculados para el circuito.

$$\begin{cases} \{tr(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = tr_1, tr_2, \dots, tr_n \\ tr(x, j) = \begin{cases} tr'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ tr'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{cases} \{tc(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = tc_1, tc_2, \dots, tc_n \\ tc(x, j) = \begin{cases} tc'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ tc'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} \{\omega(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n \\ \omega(x, j) = \begin{cases} \omega'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ \omega'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (26)$$

5 Y de las calculadas en (10), (11), (12) y (13)

$$\begin{cases} \{lr(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = lr_1, lr_2, \dots, lr_n \\ lr(x, j) = \begin{cases} lr'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ lr'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (27)$$

$$\begin{cases} \{s(x, j): j = 1, \dots, N\} = s_1, s_2, \dots, s_n \\ s(x, j) = \begin{cases} s'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ s'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (28)$$

$$\begin{cases} \{\theta(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n \\ \theta(x, j) = \begin{cases} \theta'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ \theta'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (29)$$

$$\begin{cases} \{r(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = r_1, r_2, \dots, r_n \\ r(x, j) = \begin{cases} r'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ r'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (30)$$

$$\begin{cases} \{K(x, j): j = 1, 2, \dots, N\} = K_1, K_2, \dots, K_n \\ K(x, j) = \begin{cases} K'(x, k + \kappa) & , & k \leq \kappa \\ K'(x, k + \kappa - N), & k > \kappa \end{cases} \end{cases} \quad (31)$$

10 Observamos que por ser un circuito de carriles paralelos y equidistantes las longitudes de las rectas y los ángulos y sentido de giro son iguales e independientes del carril por el que se circule. Por ello vemos que de las series anteriores solo podemos utilizar el radio de curvatura para discriminar el carril por el que circulamos.

Una vez conocido los tramos de que se compone el circuito calculamos el número máximo de carriles posibles y el carril por el que circulamos.

Partimos de la serie $K(x, j)$ (31) de índices de los radios de curvatura y de la serie $\omega(x, j)$ (26) obtenida para conseguir el número de carriles posibles a la derecha c^+

$$\begin{cases} \{c^+(x, j): j = 1, 2, \dots, n\} = c^+_1, c^+_2, \dots, c^+_n \\ c^+(x, j) = \begin{cases} K(x, j) - 1, & \omega(x, j) > 0 \\ RM - K(x, j), & \omega(x, j) < 0 \end{cases} \\ RM = \text{número_radios_posibles} \end{cases} \quad (32)$$

5

Hacemos lo mismo para ver el número de carriles posibles a la izquierda c^-

$$\begin{cases} \{c^-(x, j): j = 1, 2, \dots, n\} = c^-_1, c^-_2, \dots, c^-_n \\ c^-(x, j) = \begin{cases} K(x, j) - 1, & \omega(x, j) < 0 \\ RM - K(x, j), & \omega(x, j) > 0 \end{cases} \\ RM = \text{número_radios_posibles} \end{cases} \quad (33)$$

Calculamos el mínimo de cada una de las dos series c^+ y c^- . La suma de los dos valores nos indica el número de carriles posibles, además de por el que circulamos, que pueden existir en el circuito.

10

$$\begin{aligned} C^+ &= \min\{c^+(x, j)\} \\ C^- &= \min\{c^-(x, j)\} \end{aligned} \quad (34)$$

$$\text{número_carriles_posibles} = NC = C^+ + C^- + 1$$

Por otro lado asignamos al carril por el que circulamos x el valor del mínimo número de carriles a la derecha c^+ más uno. Este número no tiene por qué coincidir con el valor mínimo del índice del radio de curvatura K para dicho carril.

$$\text{número_carril} = x = C^+ + 1 \quad (35)$$

15

c) Localizar la posición del móvil sobre la trayectoria mediante correlación de desfase variable de la trayectoria obtenida en la etapa b) con el movimiento del móvil sobre la misma.

20

Una vez determinadas las características de las posibles trayectorias por los carriles del circuito vamos a ver el método de localización del móvil cuando se incorpora en cualquier punto de la trayectoria en un circuito ya conocido.

Para ello se proponen dos métodos:

- Método de correlación de desfase variable de las series que vamos obteniendo con la progresión del móvil a lo largo de la trayectoria

- 5 • Método de reducción sucesiva de los puntos de posible localización del móvil en la progresión de éste a lo largo de la trayectoria

Incorporamos el móvil a un circuito cerrado, formado por un número **M** de carriles de **N** tramos cada uno, del cual conocemos sus parámetros característicos y aplicamos uno de los dos métodos para hacer la localización del móvil.

c1) *Método de correlación con desfase variable*

Este primer método consiste en determinar la posición $P_{m,n}$ obteniendo la función de correlación con desfase variable κ las series de parámetros medidos con las series que caracterizan el circuito.

- 15 Calcularemos las funciones de correlación para estas series cuyo número de elementos **n** irá aumentando progresivamente.

$$\left\{ \begin{array}{l} C(n, \kappa) = \left[\frac{1}{n} \sum_n f(Y(n), Y(n - \kappa)) \right] \\ \kappa = 1, 2, 3, \dots, \frac{n}{2} \\ n = 1, 2, 3, \dots \\ f(Y, Y(n - \kappa)) = \begin{cases} 1, & Y(n) = Y(n - \kappa) \\ 0, & Y(n) \neq Y(n - \kappa) \end{cases} \end{array} \right. \quad (36)$$

Iremos formando una matriz en la que cada fila representa los valores de $C(n, \kappa)$ al paso por los tramos sucesivos $n=1, 2, 3, \dots$

20

$$C = \begin{pmatrix} C(1,1) & C(1,2) & \dots & C(1,\kappa) \\ C(2,1) & C(2,2) & \dots & C(2,\kappa) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ C(n,1) & C(n,2) & \dots & C(n,\kappa) \end{pmatrix} \quad (37)$$

Llegaremos a un punto donde la suma de los elementos de la función de correlación sea igual a 1. En este punto habremos llegado a la localización del tramo **n** en que se encuentra el móvil.

25

$$P_{x,y} = \left\{ P(x, n + \kappa), \quad \exists! \kappa: (n, \kappa) = 1, \quad \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{\kappa} C(n, \kappa) = 1 \right\} \right\} \quad (38)$$

5

Para obtener el valor X del carril x por el que circulamos aplicamos el proceso ya descrito en (32), (33), (34) y (35) según vamos avanzando por el circuito.

10 *c2) Método de reducción*

Cuando incorporamos el móvil al circuito lo podemos hacer en cualquier posición $P_{x,y}$, luego partimos de una situación inicial en que cualquier punto es posible que representaremos como una matriz de dimensión $M \times N$ con todos sus elementos iguales a la unidad. En el caso de las variables s y θ , independientes del carril, el valor inicial se representa por una

15 matriz fila de n elementos iguales a la unidad.

Llamamos (X,Y) coordenadas reales de la posición del móvil y (x,y) coordenadas posibles de la posición del móvil

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{0j} = (1 \quad 1 \quad \dots \quad 1) \\ C_{0(j)} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, N \\ C_{0i,j} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \\ C_{0(i,j)} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, M \quad \text{y} \quad \forall j = 1, \dots, N \end{array} \right. \quad (39)$$

20 Según vamos superando los tramos del recorrido por cualquier carril x obtenemos sucesivos valores del sentido de la curva s , ángulo de giro θ a partir de la velocidad angular ω aplicando (11) y (12). Estas dos variables son independientes del número de carril por el que se circula.

$$\left\{ \begin{array}{l} s(x, 1), s(x, 2), s(x, 3), \dots, s(1, N) \\ s(x, y) = s(1, y) \\ \theta(x, 1), \theta(x, 2), \theta(x, 3), \dots, \theta(1, N) \\ \theta(x, y) = \theta(1, y) \end{array} \right. \quad (40)$$

- 5 También calcularemos los índices de los radios de curvatura K a partir del radio r aplicando (13) y (14). Esta variable nos va a dar además información sobre el número de carril por el que circula el móvil.

$$\left\{ \begin{array}{l} K(1,1), K'(1,2), \dots, K'(1,N) \\ K(2,1), K'(2,2), \dots, K'(2,N) \\ \dots \\ K'(M,1), K'(M,2), \dots, K'(M,N) \end{array} \right. \quad (41)$$

- 10 Para calcular el tramo en que estamos, en el momento de superar cada uno de los tramos, calculamos los elementos de la matriz $C_s(n,j)$ y $C_\theta(n,j)$ para los valores de sentido de giro s y ángulo girado θ :

$$\left\{ \begin{array}{l} c(n,j) = \begin{cases} 1, s'(x,n) = s(x,j+n-1) \\ 0, s'(x,n) = s(x,j+n-1) \end{cases} \\ \quad j = 1,2,\dots,N \\ \\ C_s(n,j) = C_s(n-1,j) \wedge c(n,j) \\ \quad j = 1,2,\dots,N \\ \\ n = 1,2,3,\dots \end{array} \right. \quad (42)$$

$$P_{x,Y} = \left\{ \begin{array}{l} P(x,j+n), \\ Y = j+n \end{array} \quad \exists! j: C_\theta(n,j) = 1, \quad \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{j=1}^N C_s(n,j) = 1 \right\} \right. \quad (43)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} c(n,j) = \begin{cases} 1, \theta'(x,n) = \theta(x,j+n-1) \\ 0, \theta'(x,n) = \theta(x,j+n-1) \end{cases} \\ \quad j = 1,2,3,\dots,N \\ \\ C_\theta(n,j) = C_\theta(n-1,j) \wedge c(n,j) \\ \quad j = 1,2,3,\dots,N \\ \\ n = 1,2,3,\dots \end{array} \right. \quad (44)$$

$$P_{x,Y} = \left\{ \begin{array}{l} P(x,j+n), \\ Y = j+n \end{array} \quad \exists! j: C_\theta(n,j) = 1, \quad \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{j=1}^N C_\theta(n,j) = 1 \right\} \right. \quad (45)$$

- 5 Cuando llegamos a un punto n de la trayectoria donde se cumple la condición de que $\sum_{j=1}^N C(n, j) = 1$ en cualquiera de las variables analizadas, podemos decir que hemos llegado a una posición conocida y única del número de tramo para situar el móvil en la trayectoria y su valor es $Y = j + n$

Si repetimos la operación para el índice del radio de curvatura K , variable de la que depende el número de carril por el que circulamos.

Calculamos los elementos de la matriz $C_K(n, i, j)$, para el primer punto n donde se cumpla la condición de que $\sum_{i,j=1}^{M,N} C_K(n, i, j) = 1$ a partir de los valores de los índices i y j obtendremos los X, Y correspondientes al carril y al número de tramo por los que circulamos.

$$\left\{ \begin{array}{l} c(n, i, j) = \begin{cases} 1, K'(i, n) = K(i, j + n - 1) \\ 0, K'(i, n) = K(i, j + n - 1) \end{cases} \\ \quad \quad \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, M \\ j = 1, 2, \dots, N \end{matrix} \\ C_K(n, i, j) = C_K(n - 1, i, j) \wedge c(n, i, j) \\ \quad \quad \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, M \\ j = 1, 2, \dots, N \end{matrix} \\ n = 1, 2, 3, \dots \end{array} \right. \quad (46)$$

$$P_{X,Y} = \left\{ \begin{array}{l} P(i, j + n), \quad \exists! i, j: C_K(n, i, j) = 1, \quad \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{i,j=1}^{M,N} C_K(n, i, j) = 1 \right\} \\ X = i \\ Y = j + n \end{array} \right. \quad (47)$$

- 15 El primero de los valores (43) y (45) que cumpla la condición nos va a dar el número de tramo y por el que circula el móvil. Una vez determinado el tramo Y podemos analizar si en ese momento ya existe una condición para saber el número de carril, si no fuese así continuaremos el recorrido hasta que se cumpla

$$P_{X,Y} = \left\{ \begin{array}{l} P(i, Y + n), \quad \exists! i: C_K(n, i, Y) = 1, \quad \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{i=1}^M C_K(n, i, Y) = 1 \right\} \\ X = i \end{array} \right. \quad (48)$$

- 20 A partir de este momento conocemos la posición del móvil sobre el circuito y nos limitaremos a comprobar en los tramos sucesivos con (43) que el sincronismo no se ha perdido.

- 5 d) *Controlar la velocidad del móvil en función de los parámetros obtenidos para cada tramo, y/o ejecutar las órdenes recibidas en caso de tener el móvil conexión con el exterior.*

Una vez conocida la posición del móvil en la trayectoria podemos calcular la velocidad máxima del circuito en cada curva y aplicar a cada tramo las velocidades adecuadas.

Partimos de la formula de la velocidad máxima que puede alcanzar un vehículo en curva.

10

$$V_{max} = \sqrt{g R \frac{\text{sen}\alpha + \mu \text{cos}\alpha}{\text{cos}\alpha - \mu \text{sen}\alpha}} \quad (49)$$

Siendo R el radio de curvatura α el ángulo del peralte, μ el coeficiente de rozamiento y g la aceleración de la gravedad.

Si consideramos que el peralte es cero nos queda

$$V_{max} = \sqrt{\mu g R} \quad (50)$$

- 15 En la parte recta de los tramos, conocidas la velocidad de entrada y la velocidad máxima de la curva podemos calcular la distancia de frenada d

$$\begin{cases} m g \mu d = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \\ d = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 g \mu} \end{cases} \quad (51)$$

Donde m es la masa del móvil y v_i, v_f las velocidades inicial y final.

- 20 Estos valores límites podrán ser modificados en cada momento si el móvil dispone de un sistema de comunicación capaz de recibir órdenes de respuesta inmediata.

Las distintas etapas que se acaban de describir se implementaran en función de la aplicación de que se trate. En un circuito de "slot", la etapa c) es imprescindible ya que las salidas de pista son continuas. En sistemas de conducción automática en tamaño real, dicha función no tiene sentido.

- 25 Obsérvese que el procedimiento propuesto siempre permite caracterizar una trayectoria simple por el método de autocorrelación de desfase variable. En el caso de varias pistas

- 5 posibles, paralelas y con posibilidad de cruce, el cálculo se complica y es preciso recurrir a condiciones de contorno de los índices para obtener elementos adicionales de cálculo.

Breve descripción de los dibujos

10 Para complementar la descripción que antecede, y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de la invención, se va a proceder a realizar una descripción detallada de una realización preferida del dispositivo de la invención aplicado a coches de "slot", en base a un juego de planos que se acompañan a esta memoria descriptiva y en donde, con carácter orientativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques del dispositivo de medida y control (DMC).

- 15 La figura 2 muestra una vista en planta del vehículo de slot (sin carrocería) sobre los carriles de guía y alimentación, en un punto de cambio de carril.

La figura 3 muestra el circuito de "slot" de 7 tramos cuya trayectoria se va a caracterizar.

La figura 4 muestra las curvas posibles para 8 carriles.

La figura 5 muestra las curvas posibles para 6 carriles.

- 20 La figura 6 muestra el correlograma obtenido durante el recorrido de reconocimiento.

La figura 7 muestra los parámetros de frenado antes de curva.

La figura 8 muestra el paso por una curva peraltada.

En las anteriores figuras, las referencias numéricas corresponden a las siguientes partes y elementos:

- 25
1. Regulador de tensión y protecciones eléctricas
 2. Multiprocesador
 3. Memoria volátil y de programa
 4. Reloj en tiempo real
 5. Sensor de tensión en pista

30

 6. Control de motor por modulación de pulsos (PWM)
 7. Sensor de velocidad angular del vehículo
 8. Transmisor-receptor de radio
 9. Carriles pista

5 10. Motor

Descripción detallada de una realización preferida

10 Las figuras 1 a 8 muestran la instalación en el interior de un vehículo a escala de "slot" de un dispositivo electrónico de medida, proceso y control compuesto por multiprocesador, memoria, sensor de tensión de pista, sensor de medida de velocidad angular (MEMS) o giróscopo, y controlador de potencia por modulación de ancho de pulso (PWM) del motor de corriente continua de impulsión.

Este dispositivo adquiere datos en tiempo real de la velocidad angular del vehículo, los procesa para el cálculo de las velocidades máximas de entrada y salida de cada tramo y los transmite al mando de control a través de un enlace de radio.

15 El sistema controla la potencia del motor con los comandos recibidos de un mando a distancia o directamente de los resultados del proceso de los datos obtenidos.

Este proceso se puede realizar de forma automática o controlada con un mando manejado por el piloto en el juego.

Hardware

20 El sistema consiste en un dispositivo de medida y control (**DMC**) en el interior de cada vehículo y un mando electrónico para el piloto (**MEP**) conectados en red vía radio.

Dispositivo de medida y control (DMC)

El DMC está compuesto por los siguientes elementos interconectados (ver figura 1):

- 25 1. Regulador de tensión y protecciones eléctricas
- 2. Multiprocesador
- 3. Memoria volátil y de programa
- 4. Reloj en tiempo real
- 5. Sensor de tensión en pista
- 6. Control de motor por modulación de pulsos (PWM)
- 30 7. Sensor de velocidad angular del vehículo
- 8. Transmisor-receptor de radio

5 1) *Regulador de tensión y protecciones eléctricas*

El sistema está preparado para trabajar con tensiones en pista de 6V a 30V protegido contra inversión de polaridad y con la regulación de tensión necesaria para los elementos que lo componen.

 2) *Multiprocesador*

10 El sistema multiprocesador está capacitado para realizar hasta ocho procesos simultáneos que permiten la medida de los sensores, proceso de datos, transmisión de datos, recepción de comandos y control del motor en tiempo real.

 3) *Memoria volátil y de programa*

15 Memoria volátil para el proceso de datos y no volátil reprogramable para el almacenamiento del programa, constantes y parámetros del circuito.

 4) *Reloj en tiempo real*

Unidad para el control temporal de las series de medidas basada en la base de tiempos del procesador capaz de medir con precisión mayor del milisegundo los tiempos de cada vuelta al circuito.

20 5) *Sensor de tensión en pista*

Medida de la tensión en pista en el punto donde se encuentra el vehículo con carga del motor o sin ella para determinar la calidad de la pista y la tensión disponible en cada tramo.

 6) *Control de motor por modulación de pulsos (PWM)*

25 Unidad de control de potencia del motor para su giro y frenado mediante modulación de pulsos basado en un puente de transistores MOSFET.

Este circuito controla la velocidad del motor mediante pulsos de área variable de amplitud igual a la tensión del circuito.

30 La medida de la tensión en pista permite corregir la potencia entregada al motor cambiando el ancho del pulso para mantener el área constante en las zonas en que existan variaciones de la tensión de pista respecto a la nominal.

De esta forma conseguimos que el error en la velocidad del vehículo cuando recibe la orden de viajar a velocidad constante sea inferior al 5%

- 5 La posibilidad de cortocircuito del motor con una resistencia mínima permite utilizar la fuerza contraelectromotriz para la función de frenado.

7) *Sensor de velocidad angular del vehículo*

Sensor de medida de velocidad angular del vehículo de 0-2000 grados/seg de rango de tipo MEMS con resolución de un °/seg.

- 10 Su función es localizar las entradas y salidas en los tramos curvos y dar el valor de la velocidad angular real en los tramos curvos de la trayectoria.

8) *Transmisor-receptor de radio*

- La transmisión de los datos obtenidos y la recepción de los comandos se realiza a través de una red en la banda ISM 2.4 Ghz. según especificaciones IEEE 802.15.4 y que cumple las normativas FCC, IC y CE que permite su utilización legal sin licencia.

Este dispositivo se sitúa físicamente en el chasis del vehículo entre las trencillas de toma de corriente y el motor de impulsión (Figura 2)

Mando electrónico para el piloto (MEP)

- El mando permite transmitir al DMC los comandos del piloto para la regulación de velocidad, ordenes de cambio de pista y control de otros elementos auxiliares como por ejemplo la iluminación del vehículo.

Este mando recibe los datos de telemetría que son utilizados para configurar las curvas de respuesta del mando.

Software

- 25 El dispositivo incorpora un programa capaz de leer los diferentes sensores controlar el motor, transmitir datos, recibir órdenes y ejecutar los algoritmos descritos en el apartado Descripción de la invención.

A modo de ejemplo veremos a continuación el proceso de cálculo en las distintas fases descritas cuando el vehículo es situado en un circuito de slot.

- 30 a) *Generar una serie de parámetros característicos de cada tramo de la trayectoria durante un recorrido de reconocimiento repetitivo del móvil.*

Sea un circuito de slot (figura 3) formado por seis carriles paralelos separados una distancia D, dividido en siete tramos formados por una curva y la recta que le precede.

5 Las características de las pistas con las que se ha diseñado el circuito y el recorrido de prueba son los siguientes:

- Radio menor de curvatura $R_0=247$ mm
- Distancia de separación entre carriles $D=99$ mm
- Número de radios posibles $R_M=8$

10 • Radios de curvatura R_D en mm

$$\{R_D(K): K = 1,2,3, \dots 8\} = 247,346,445,544,643,742,841,940$$

- Número de carriles $M= 6$
- Número de tramos $N= 7$

Si el número de carriles es igual al máximo de los radios posibles solo puede existir un radio de curvatura posible a la derecha y otro a la izquierda (Figura 4)

15

5

Tabla 1

Radios posibles en los carriles M=8

M		K ⁺	K ⁻
1	<i>a</i>	1	8
2	<i>b</i>	2	7
3	<i>c</i>	3	6
4	<i>d</i>	4	5
5	<i>e</i>	5	4
6	<i>f</i>	6	3
7	<i>g</i>	7	2
8	<i>h</i>	8	1

Al ser el número de carriles seis existen dos radios posibles a la derecha y otros dos a la izquierda para cada carril (Figura 5)

10

Tabla 2

Radios posibles en los carriles M=6

M		K ⁺	K ⁺	K ⁻	K ⁻
1	<i>a</i>	1	3	6	8
2	<i>b</i>	2	4	5	7
3	<i>c</i>	3	5	4	6
4	<i>d</i>	4	6	3	5
5	<i>e</i>	5	7	2	4
6	<i>f</i>	6	8	1	3

Realizamos un recorrido de reconocimiento a velocidad constante tomando un número de
 15 medidas de la velocidad angular ω superior al doble de los tramos esperados a una tasa de muestreo constante según las condiciones del recorrido (7).

Velocidad del recorrido= 1 m/s

Tasa de muestreo = 200 muestras/s

Número de tramos medidos=16 $n > 2N$

20 Los parámetros característicos del circuito definidos en (6) para el circuito de la figura 1 serán:

5

Tabla 3

Parámetros reales característicos del circuito

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1
Θ	150	180	240	120	240	30	180	150	180	240	120	240	30	180	150	180
R	545	446	743	446	446	644	743	545	446	743	446	446	644	743	545	446
L	5860	2070	1720	4140	1380	1960	690	5860	2070	1720	4140	1380	1960	690	5860	2070

Situamos el móvil en un punto de índice (x,k) siendo x el carril y $k=j-k+1$ el tramo del circuito y hacemos el recorrido de reconocimiento y obtenemos los valores de número de muestras en rectas nr y curvas nc así como la velocidad angular ω

10

Para el ejemplo se han considerado los valores teóricos con un error aleatorio del 5%

Tabla 4

Medidas brutas

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
nr'	869	284	403	143	1207	422	347	836	287	392	138	1183	434	361	869	284
nc'	197	374	69	468	288	282	648	188	392	68	477	288	294	642	197	374
ω'	135	134	89	-80	-111	135	-81	130	131	90	-78	-105	131	-79	135	134

15 Calculamos los tiempos de recorrido en curvas y rectas tr' y tc' en milésimas de segundo a partir de la velocidad y el número de muestras

Tabla 5

Medidas brutas

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
tr'	4345	1420	2015	715	6035	2110	1735	4180	1435	1960	690	5915	2170	1805	4345	1420
tc'	985	1870	345	2340	1440	1410	3240	940	1960	340	2385	1440	1470	3210	985	1870
ω'	135	134	89	-80	-111	135	-81	130	131	90	-78	-105	131	-79	135	134

20 Aplicando las funciones definidas en (9) y (14) calculamos los valores de los parámetros característicos del circuito (10), (11), (12), (13) y (15).

Consideramos el valor intermedio θ el ángulo de la curva antes de aplicar la función de redondeo a un múltiplo de 30° haciendo $m_\theta=30^\circ$, mínimo ángulo de los tramos curvos posibles. Una vez aplicada obtenemos en ángulo θ' en el que se ve que los ángulos son

25 múltiplos del valor mínimo.

- 5 De igual manera procedemos para obtener el valor redondeado del índice K' siendo $m_k=1$

Tabla 6

Parámetros calculados característicos del circuito

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
lr'	4350	1420	2020	720	6040	2110	1740	4180	1440	1960	690	5920	2170	1810	4350	1420
s'	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1
θ	132	250	30	187	159	190	262	122	256	30	186	151	192	253	132	250
θ'	120	240	30	180	150	180	240	120	240	30	180	150	180	240	120	240
r'	424	428	644	716	516	424	707	441	437	637	735	546	437	725	424	428
K'	3	3	5	6	4	3	6	3	3	5	6	4	3	6	3	3

- 5 b) Caracterizar la trayectoria mediante autocorrelación de desfase variable de la serie de parámetros característicos, obteniendo su periodicidad.

Con las series obtenidas s' y θ' calculamos las funciones $C_s(\kappa)$ y $C_\theta(\kappa)$ basadas en la función de correlación (18) y (19) o (20) y (21)

Tabla 7

10 Función de correlación de los parámetros del circuito

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1
Θ	120	240	30	180	150	180	240	120	240	30	180	150	180	240	120	240
s'	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1
θ'	120	240	30	180	150	180	240	120	240	30	180	150	180	240	120	240
k	0	1	2	3	4	5	6	7								
C_s	1	0	0	0	0	0	0	1								
C_θ	1	0	0	0	0	0	0	1								

Las funciones $C_s(\kappa)$ y $C_\theta(\kappa)$ según (23) tienen la propiedad de repetir su valor cada N elementos. La distancia entre máximos consecutivos de estas series es igual al número de tramos N

- 15 En el caso que nos ocupa, se observa en el correlograma de la figura 6 como la función autocorrelación toma un máximo para valores 4 y 11 del número de tramos (en el resto es cero), por lo que el número de tramos de que consta el circuito (periodicidad) será de $11 - 4 = 7$

20 Buscaremos entre los siete tramos que componen la serie el de mayor longitud, en este caso se trata del tramo de índice $k=5$.

Corregimos el desfase y hacemos una indexación de los tramos aplicando (24), (25), y (26) de los valores medidos

Tabla 8

Medidas brutas re-indexadas

j	1	2	3	4	5	6	7
tr	5915	2170	1805	4345	1420	2015	715
tc	1440	1470	3210	985	1870	345	2340
ω	-105	131	-79	135	134	89	-80

25

5 Igualmente para los valores calculados a partir de ellos (27), (28), (29), (30) y (31)

Tabla 9

Parámetros característicos del circuito re-indexados

j	1	2	3	4	5	6	7
lr	5920	2170	1810	4350	1420	2020	720
s	-1	1	-1	1	1	1	-1
θ	150	180	240	120	240	30	180
r	546	437	725	424	428	644	716
K	4	3	6	3	3	5	6

Donde;

10 lr : longitud recta previa

s : sentido de giro de la curva

r : radio de la curva

K : índice de radio de curvatura

A partir de la serie de índices K aplicamos (32) y (33) para obtener el número máximo de
 15 carriles posible a derecha e izquierda.

Tabla 10

Cálculo del número máximo de carriles

j	1	2	3	4	5	6	7
ω	-105	131	-79	135	134	89	-80
K	4	3	6	3	3	5	6
c^+		2		2	2	4	
c^-	3		5				5

Aplicando (34) y (35) obtenemos

- 20
- Número de carriles posibles = 6
 - Número de carril actual =3

c) Localizar la posición del móvil sobre la trayectoria mediante correlación de desfase variable de la trayectoria obtenida en la etapa b) con el movimiento del móvil sobre la misma.

- 5 Una vez conocidas las características del circuito vamos a analizar el método de sincronización al incorporar el móvil en cualquier carril y tramo de éste. En el ejemplo incorporamos el móvil en el carril de índice tres y en el tramo de índice cuatro.

c1) Método de correlación con desfase variable

- 10 En este método, cada vez que superamos un tramo del circuito, hacemos con los valores de s'_n y θ'_n hasta ese momento conocidos la correlación de estos con los valores característicos de los siete tramos del circuito s y θ obtenidos en el apartado b), Recordemos que estos valores son independientes del carril por el que se circule.

Continuamos el proceso hasta alcanzar el primer valor de $\sum C(m, k) = 1$ según (38) para $n=3$, obteniendo el índice $j=4$ que nos indica el número de tramo en curso es $Y=j+n=7$

15 Tabla 11

Serie de correlación de desfase variable del sentido de giro

	j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
	s	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1			
	s'	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1			
n	s'_1	1														$\sum C(n, \kappa)$		
1	C(1,κ)	0	1	0	1	1	1	0								4		
	s'_2	1	1															
2	C(2,κ)	0	0	0	1	1	0	0								2		
	s'_3	1	1	1														
3	C(3,κ)	0	0	0	1	0	0	0								1		

Tabla 12

Serie de correlación de desfase variable del ángulo de la curva

	j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	θ	150	180	240	120	240	30	180	150	180	240	120	240	30	180	
	θ'	120	240	30	180	150	180	240	120	240	30	180	150	180	240	
n	θ'_1	120														$\sum C(n, \kappa)$
1	C(1,κ)	0	0	0	1	0	0	0								1

- 20 Observamos que para el valor de s' , sentido del ángulo girado, obtenemos el valor del tramo después de recorrer tres tramos. Si consideramos, en este ejemplo, también el ángulo girado θ' el valor del tramo en que nos encontramos se reconoce después de recorrer el primer tramo $n=1$ entonces obtenemos para el tramo en curso el valor $Y=j+n=5$

5 *c2) Método de reducción*

Este método, equivalente al anterior, consiste en partir de una posición inicial en la que el móvil se puede incorporar en cualquier carril y tramo representado por una matriz con todos sus elementos iguales a uno e ir haciendo cero los puntos en que no es posible estar según vamos avanzando por el circuito.

10 Para las variables s' y θ' la matriz es una matriz fila de 7 elementos igual a los tramos del circuito y para el índice de los radios de curvatura una matriz de dimensión 6×7 correspondiente al número de carriles M y de tramos N (42),(43),(44) y (45)

Tabla 13

Matriz de posición en tramo con el sentido de giro s

	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
	s	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1		
	s'	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1		
n	s' ₀															$\Sigma C(n,k)$	
0	C(0,k)	1	1	1	1	1	1	1									8
	s' ₁	1															
1	C(1,k)	0	1	0	1	1	1	0									4
	s' ₂	1	1														
2	C(2,k)	0	0	0	1	1	0	0									2
	s' ₃	1	1	1													
3	C(3,k)	0	0	0	1	0	0	0									1

15

Tabla 14

Matriz de posición en tramo con el ángulo de la curva θ

	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
	θ	150	18	24	12	24	30	18	150	180	240	120	24	30	18		
	θ'	120	24	30	18	15	18	24	120	240	30	180	15	180	24		
		0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0		
n	θ'_0															$\Sigma C(n,k)$	
0	C(0,k)	1	1	1	1	1	1	1									8
	θ'_1	120															
1	C(1,k)	0	0	0	1	0	0	0									1

- 5 Se observa en el ejemplo que para la variable s se detecta el valor del tramo al pasar el tercer tramo que nos indica que el tramo en que nos encontramos después de la sincronización es el tramo $Y=j+n=7$ mientras que para θ lo conseguimos al pasar primer tramo encontrandonos en el tramo $Y=j+n=5$ después de la sincronización.

Hacemos el mismo proceso para la matriz de 6×7 de los índices de los radios de curvatura

- 10 K para cada uno de los carriles y tramos. (46) (47)

Tabla 15

Matriz de posición en carril con el índice del radio de curvatura

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
s'	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	
K'	3	3	5	6	4	3	6	3	3	5	6	4	3	6	
s	-1	1	-1	1	1	1	-1								
K(i,j)	6	1	8	1	3	3	8								
	5	2	7	2	6	4	7								
	4	3	6	3	3	5	6								
	3	4	5	4	4	6	5								
	2	5	4	5	3	7	4								
	1	6	3	6	2	8	3								
K' ₀															$\Sigma C(0,i,j)$
C(0,i,j)	1	1	1	1	1	1	1								8
	1	1	1	1	1	1	1								8
	1	1	1	1	1	1	1								8
	1	1	1	1	1	1	1								8
	1	1	1	1	1	1	1								8
	1	1	1	1	1	1	1								8
														48	
K' ₁	3														$\Sigma C(1,i,j)$
C(1,i,j)	0	0	0	0	1	1	0								2
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	1	0	1	1	0	0								3
	1	0	0	0	0	0	0								1
	0	0	0	0	1	0	0								1
	0	0	1	0	0	0	1								2
														9	
K' ₂	3	3													$\Sigma C(2,i,j)$
C(2,i,j)	0	0	0	0	1	0	0								1
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	1	0	0	0								1
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	0	0	0	0								0
														2	
K' ₃	3	3	5												$\Sigma C(3,i,j)$
C(3,i,j)	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	1	0	0	0								1
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	0	0	0	0								0
	0	0	0	0	0	0	0								0
														1	

5 Vemos que el carril $X=3$ por el que circula se detecta al pasar el tercer tramo. El tramo en que nos encontramos después de la sincronización será $Y=j+n= 7$

Hemos utilizado de forma independiente las variables s , θ y K . Si utilizamos conjuntamente los criterio vemos en la tabla 14 que en la primera curva la variable θ determina que la posición es el índice de tramo $k=4$, si consultamos la tabla 15 veremos que en la primera
 10 curva en el tramo cuatro solo es posible que el vehículo circule por el carril $x=3$. En este supuesto habremos encontrado el carril y el tramo (X,Y) cuando nos encontramos en el tramo $Y=j+n=5$ (48)

Una vez sincronizado el móvil, mientras no se pierda de forma accidental el sincronismo, veremos que el valor de la suma de las posiciones posibles se mantiene igual a uno.

15 *d) Controlar la velocidad del móvil en función de los parámetros obtenidos para cada tramo, y/o ejecutar las órdenes recibidas en caso de tener el móvil conexión con el exterior.*

Cuando el móvil reconoce el carril y tramo en que se encuentra, mientras no reciba ordenes en contra, procederá a aplicar en cada tramo las velocidades óptimas en cada tramo calculadas según las fórmulas (49) y (50).

20 Considerando un valor del coeficiente de rozamiento $\mu=1,2$ y un ángulo de peralte $\alpha=0$ obtenemos la aceleración máxima A_{max} y la velocidad máxima V_{max} para cada índice de radio de curvatura K , y la velocidad angular máxima ω_{max} para cada curva (ver figura 8).

Este valor será fijado como consigna para que el procesador controle la potencia del motor del móvil, en función de los datos recibidos del sensor de velocidad angular para que este
 25 límite no sea superado.

Tabla 16

K	A_{max} (m/s ²)	V_{max} (m/s)	ω (rad)	ω (°)
1	11,76	1,708	6.9	395
2	11,76	2,020	5.8	334
3	11,76	2,290	5.1	294
4	11,76	2,532	4.6	266
5	11,76	2,752	4.3	245
6	11,76	2,956	4.0	228
7	11,76	3,147	3.7	214
8	11,76	3,327	3.5	203

- 5 Una vez superada la curva 7 punto **a** (figura 3), si no se reciben órdenes en contra, el móvil se pondrá a la velocidad máxima que permita el motor hasta alcanzar el punto **f** en que tiene que frenar (ver figura 7) para cumplir la condición anterior en el punto **b** entrada de la curva 1 (51), volviendo a acelerar a partir del punto **c**.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil, caracterizado por comprender las siguientes etapas:

10 a) Generar una serie de parámetros característicos de cada tramo de la trayectoria durante un recorrido de reconocimiento repetitivo del móvil a una velocidad v , conocida y constante, durante un número de tramos n par y superior al doble del número máximo de tramos esperado, al menos de alguno de los siguientes parámetros;

- $S(i,j)$ serie de sentido de giro de las curvas.
- 15 • $\Theta(i,j)$ serie de ángulos de las curvas.
- $R(i,j)$ serie de radios de las curvas.
- $L(i,j)$ serie de longitudes de las rectas que preceden a las curvas.

20 b) Caracterizar la trayectoria mediante autocorrelación de desfase variable de la serie de al menos algún parámetro característico, obteniendo su periodicidad, según las formulas generales de la autocorrelacion,

$$\left\{ \begin{array}{l} C(\kappa) = \left[\frac{1}{n} \sum_n f(Y(n), Y(n - \kappa)) \right] \\ \kappa = 0, 1, \dots, \frac{n}{2} \\ f(Y(n), Y(n - \kappa)) = \begin{cases} 1, & Y(n) = Y(n - \kappa) \\ 0, & Y(n) \neq Y(n - \kappa) \end{cases} \end{array} \right. \quad (16)$$

25 Siendo la periodicidad de la serie de parámetros que caracteriza la trayectoria la diferencia de los índices de dos elementos consecutivos de la serie $C(\kappa)$ distintos de cero.

$$\left\{ \begin{array}{l} \{C(\kappa): \kappa = 0, 1, 2, \dots, \frac{n}{2}\} = C_0, C_1, C_2, \dots, C_{\frac{n}{2}} \\ C(\kappa) = \begin{cases} 1, & \forall \kappa : \kappa \bmod N = 0 \\ 0, & \exists \kappa : \kappa \bmod N \neq 0 \end{cases} \end{array} \right. \quad (23)$$

5 2. Procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por comprender la siguiente etapa adicional,

10 c1) Localizar la posición del móvil sobre la trayectoria mediante correlación de desfase variable de la trayectoria obtenida en la etapa b) con el movimiento del móvil sobre la misma, determinando la posición $P_{m,n}$ mediante la obtención de la función de correlación con desfase variable κ de las series de parámetros medidos con las series que caracterizan el circuito.

15 Calcularemos las funciones de correlación para estas series cuyo número de elementos n irá aumentando progresivamente.

$$\left\{ \begin{array}{l} C(n, \kappa) = \left[\frac{1}{n} \sum_n f(Y(n), Y(n - \kappa)) \right] \\ \kappa = 1, 2, 3, \dots, \frac{n}{2} \\ n = 1, 2, 3, \dots \\ f((Y), Y(n - \kappa)) = \begin{cases} 1, & Y(n) = Y(n - \kappa) \\ 0, & Y(n) \neq Y(n - \kappa) \end{cases} \end{array} \right. \quad (36)$$

20 Llegaremos a un punto donde la suma de los elementos de la función de correlación sea igual a 1. En este punto habremos obtenido la localización del tramo n en que se encuentra el móvil.

$$P_{X,Y} = \left\{ P(x, n + \kappa), \quad \exists! \kappa: (n, \kappa) = 1, \quad \min \left\{ n \in \square: \sum_{\kappa} C(n, \kappa) = 1 \right\} \right\} \quad (38)$$

5

3. Procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por comprender la siguiente etapa adicional,

10

c2) Localizar la posición del móvil sobre la trayectoria mediante el método de reducción sucesiva de los puntos de posible localización del móvil en la progresión de este a lo largo de la trayectoria. Cuando se incorpora el móvil al circuito puede hacerlo en cualquier posición $P_{X,Y}$, luego partimos de una situación inicial en que cualquier punto es posible que representaremos como una matriz de dimensión $M \times N$ con todos sus elementos iguales a la unidad. En el caso de las variables s y θ , independientes del carril, el valor inicial se representa por una matriz fila de n elementos iguales a la unidad.

15

Llamamos (X, Y) coordenadas reales de la posición del móvil y (x, y) coordenadas posibles de la posición del móvil

20

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{0j} = (1 \quad 1 \quad \dots \quad 1) \\ C_0(j) = 1 \quad \forall j = 1, \dots, N \\ C_{0i,j} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \\ C_0(i, j) = 1 \quad \forall i = 1, \dots, M \quad y \quad \forall j = 1, \dots, N \end{array} \right. \quad (39)$$

25

Según vamos superando los tramos del recorrido por cualquier carril carril x obtenemos sucesivos valores del sentido de la curva s , ángulo de giro θ a partir de la velocidad angular ω aplicando (11) y (12). Estas dos variables son independientes del número de carril por el que se circula.

5 Se han de calcular también los índices de los radios de curvatura K a partir del radio r aplicando (13) y (14). Esta variable nos va a dar además información sobre el número de carril por el que circula el móvil.

$$\begin{cases} K(1,1), K'(1,2), \dots, K'(1,N) \\ K(2,1), K'(2,2), \dots, K'(2,N) \\ \dots \\ K'(M,1), K'(M,2), \dots, K'(M,N) \end{cases} \quad (41)$$

10 Si repetimos la operación para el índice del radio de curvatura K , variable de la que depende el número de carril por el que circulamos, y calculamos los elementos de la matriz $C_K(n,i,j)$, para el primer punto n donde se cumpla la condición de que $\sum_{i,j=1}^{M,N} C_K(n,i,j) = 1$ a partir de los valores de los índices i y j obtendremos los X , Y correspondientes al carril y al número de tramo por los que circulamos.

$$P_{X,Y} = \begin{cases} P(i, j+n), & \exists! i, j: C_K(n, i, j) = 1, & \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{i,j=1}^{M,N} C_K(n, i, j) = 1 \right\} \\ & X = i \\ & Y = j+n \end{cases} \quad (47)$$

15 El primero de los valores (43) y (45) que cumpla la condición nos va a dar el número de tramo y por el que circula el móvil. Una vez determinado el tramo Y podemos analizar si en ese momento ya existe una condición para saber el número de carril, si no fuese así continuaremos el recorrido hasta que se cumpla la condición;

$$P_{X,Y} = \begin{cases} P(i, Y+n), & \exists! i: C_K(n, i, Y) = 1, & \min \left\{ n \in \mathbb{N}: \sum_{i=1}^M C_K(n, i, Y) = 1 \right\} \\ & X = i \end{cases} \quad (48)$$

20 A partir de este momento se conoce la posición del móvil sobre el circuito y será suficiente comprobar, en los tramos sucesivos con (43), que el sincronismo no se ha perdido.

- 5 4. Procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por comprender la siguiente etapa adicional,

10 d) Controlar la velocidad del móvil en función de los parámetros obtenidos para cada tramo, y/o ejecutar las órdenes recibidas en caso de tener el móvil conexión con el exterior.

Una vez conocida la posición del móvil en la trayectoria podemos calcular la velocidad máxima admisible en cada curva y aplicar a cada tramo las velocidades adecuadas.

15 Partimos de la formula de la velocidad máxima que puede alcanzar un vehículo en curva;

$$V_{max} = \sqrt{g R \frac{\text{sen}\alpha + \mu \text{cos}\alpha}{\text{cos}\alpha - \mu \text{sen}\alpha}} \quad (49)$$

Siendo R el radio de curvatura α el ángulo del peralte, μ el coeficiente de rozamiento y g la aceleración de la gravedad.

20 En la parte recta de los tramos, conocidas la velocidad de entrada y la velocidad máxima de la curva podemos calcular la distancia de frenada d

$$\begin{cases} m g \mu d = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \\ d = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 g \mu} \end{cases} \quad (51)$$

Donde m es la masa del móvil y v_i, v_f las velocidades inicial y final.

25

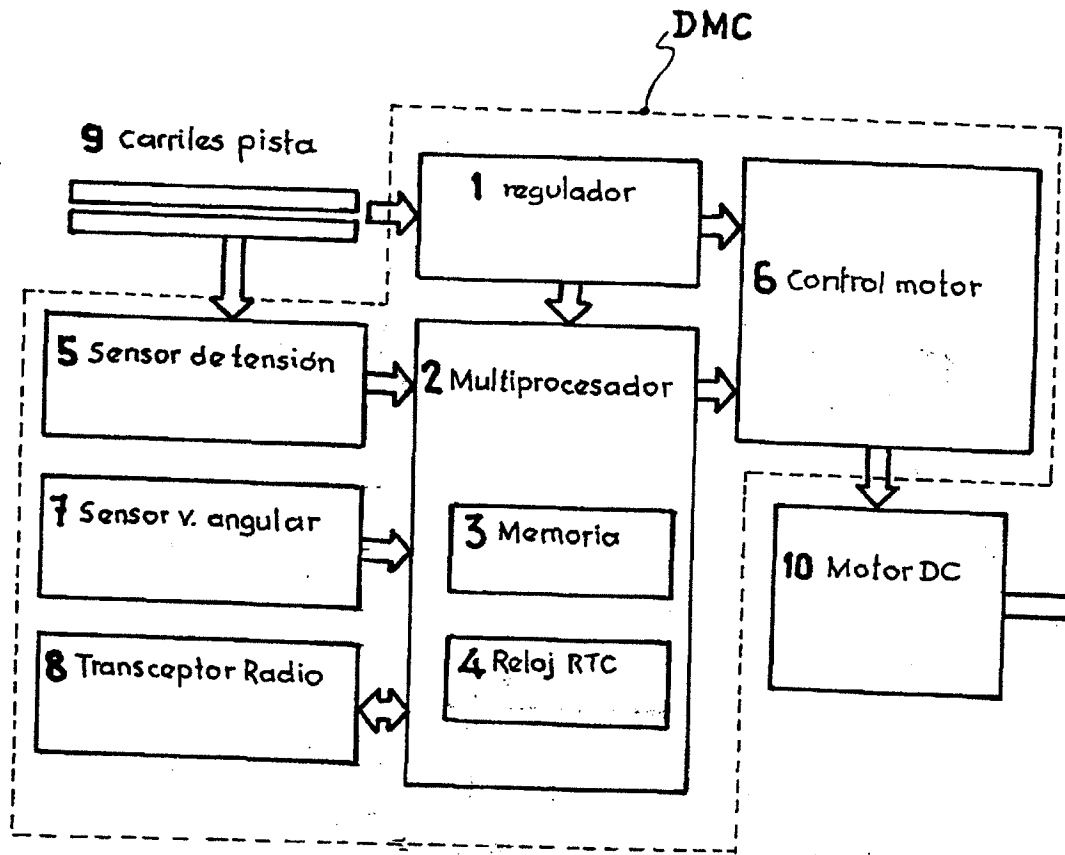


FIG. 1

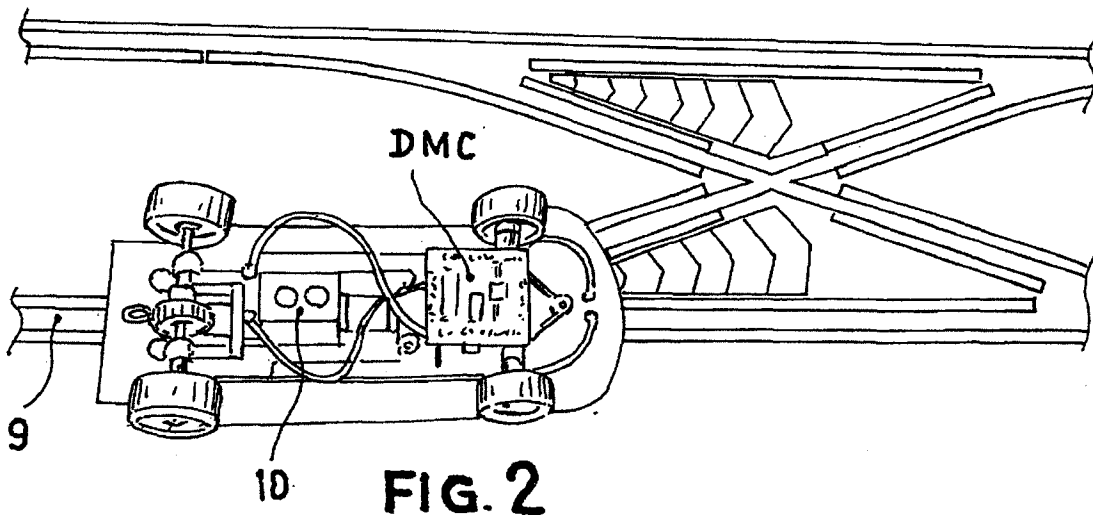


FIG. 2

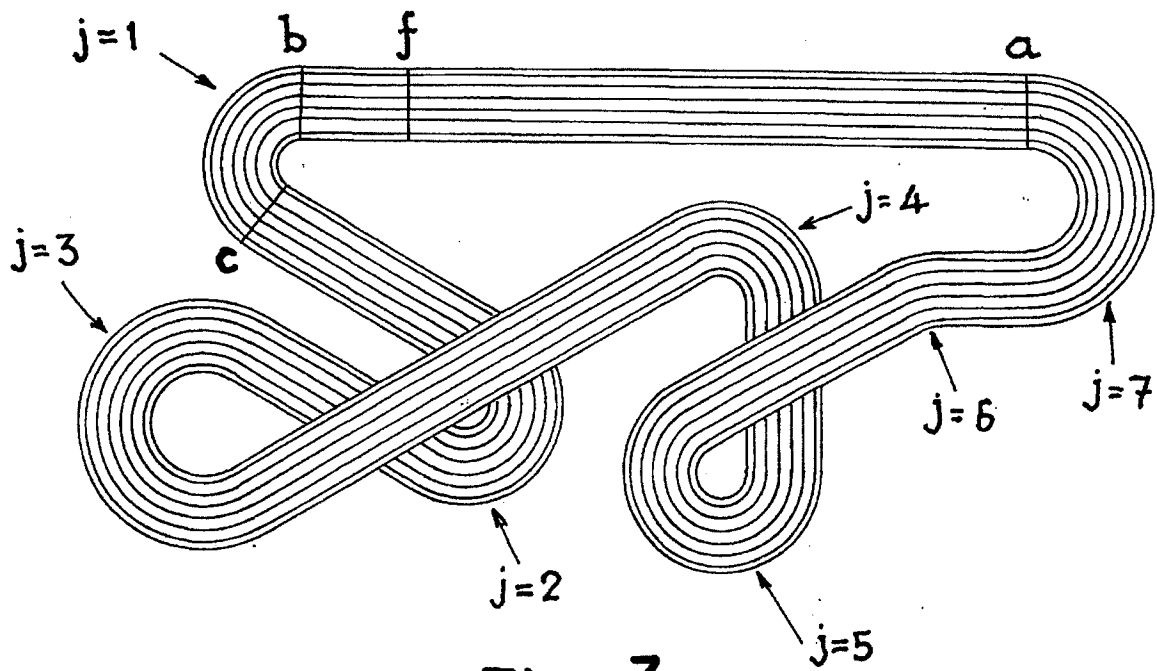
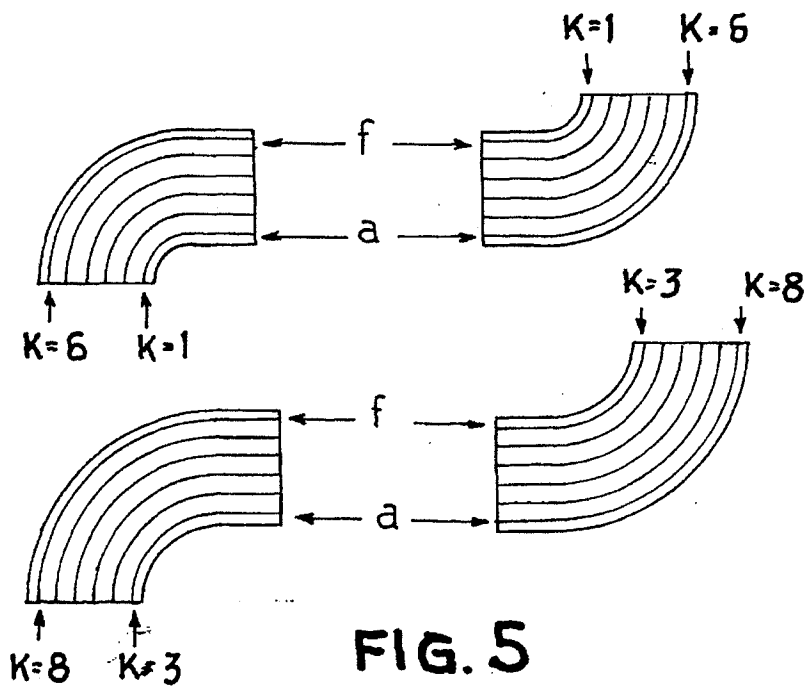
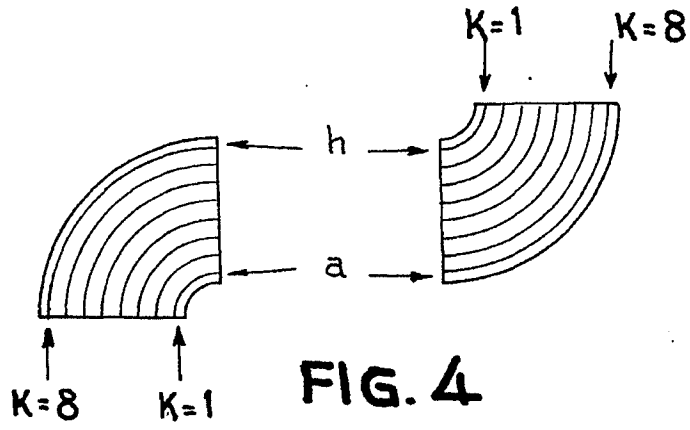


FIG. 3



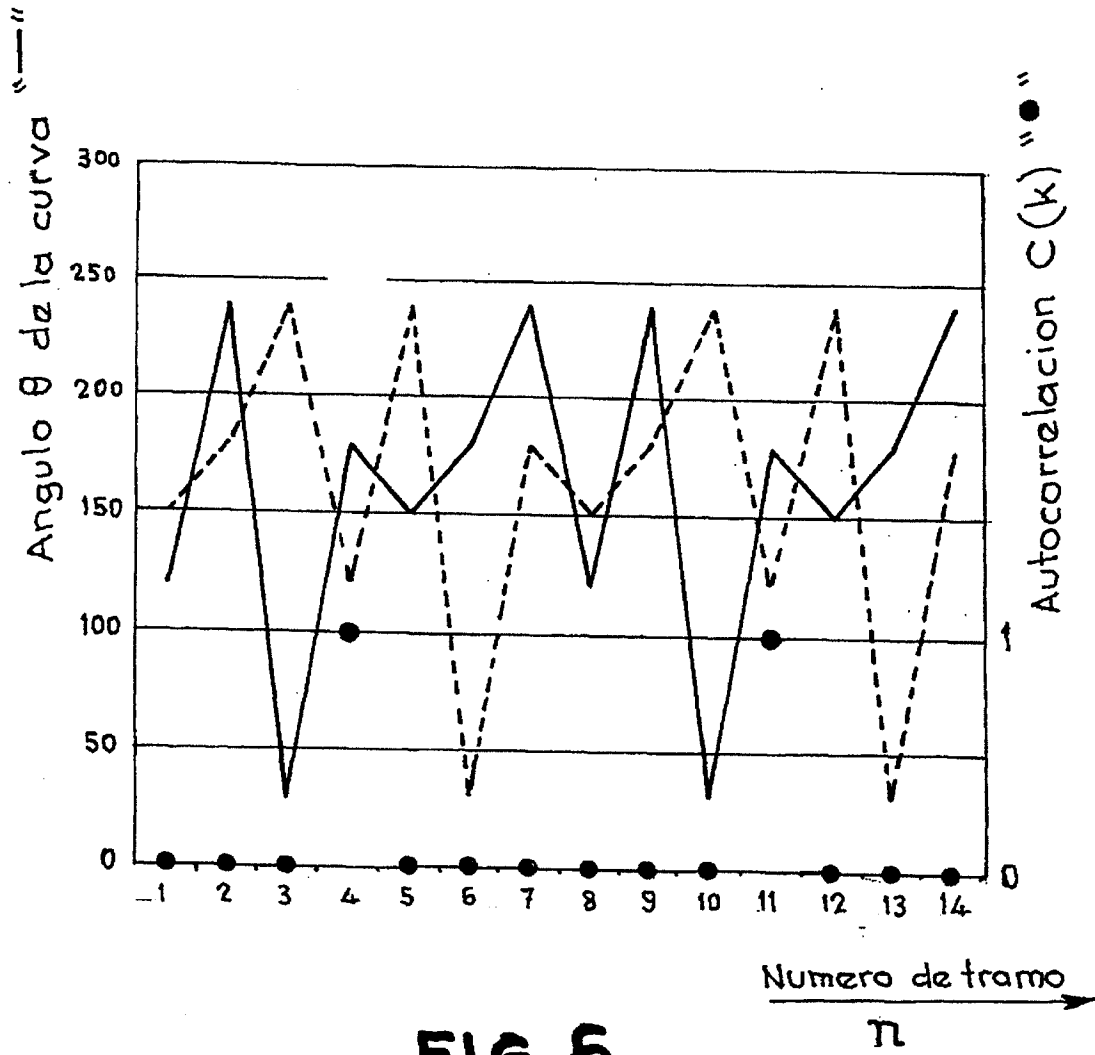


FIG. 6

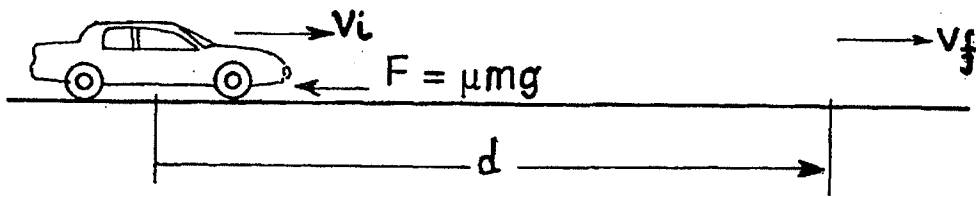


FIG. 7

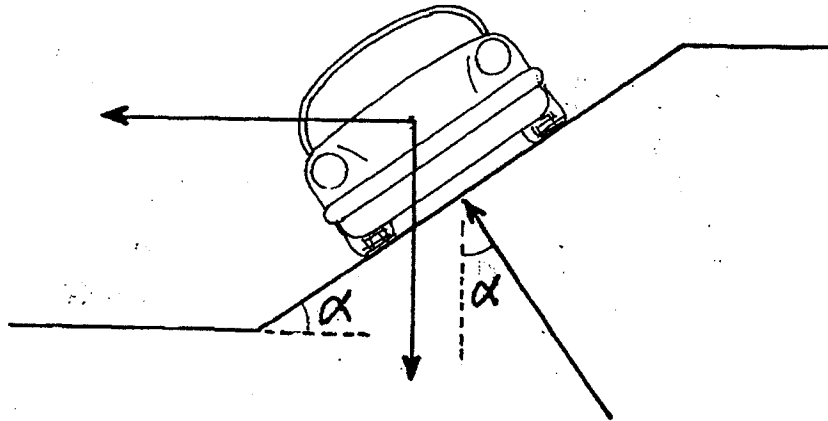


FIG. 8



- ⑰ N.º solicitud: 201430808
⑱ Fecha de presentación de la solicitud: 28.05.2014
⑳ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.: **A63H18/12** (2006.01)
A63H29/22 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ES 2324387 A1 (BYCMO RC MODELS, S.L.) 05.08.2009, resumen; figura 1.	5
A		1-4
X	ES 2288101 B1 (NINCO DESARROLLOS, S.L.) 06.12.2007, resumen; figura 1.	5
A		1-4
A	ES 1035915 U (JULIO ANTONIO MOYA LARAÑO) 16.06.1997, todo el documento.	1-5
A	ES 2264037 T3 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 16.12.2006, reivindicaciones; figura 1.	1-5
A	Control de velocidad de un motor DC mediante la utilización de un sensor magnético y micro controlador (JOAN ESCRIVÀ ARLANDIS) 31.12.2013. Todo el documento.	1-5
A	WO 2010018252 A1 (BYCMO RC MODELS, S.L.) 18.02.2010, resumen; figura 2.	1-5
A	WO 2012140287 A1 (BOLEA NOYA SERGI et al.) 18.10.2012, resumen; figura 1.	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
27.10.2015

Examinador
G. Foncillas Garrido

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04Q, A63H

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.10.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SI
	Reivindicaciones 5	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2324387 A1 (BYCMO RC MODELS, S.L.)	05.08.2009
D02	ES 2288101 B1 (NINCO DESARROLLOS, S.L.)	06.12.2007
D03	ES 1035915 U (JULIO ANTONIO MOYA LARAÑO)	16.06.1997
D04	ES 2264037 T3 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT)	16.12.2006
D05	Control de velocidad de un motor DC mediante la utilización de un sensor magnético y micro controlador (JOAN ESCRIVÀ ARLANDIS) 31.12.2013. Todo el documento.	
D06	WO 2010018252 A1 (BYCMO RC MODELS, S.L.)	18.02.2010
D07	WO 2012140287 A1 (BOLEA NOYA SERGI et al.)	18.10.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**Reivindicación 1**

El documento más próximo al objeto de la invención es D01, dicho documento presenta un sistema de localización en pistas de vehículos eléctricos a escala de control digital que comprende la instalación de una multiplicidad de sensores capaces de detectar el paso de los vehículos por dichas pistas gracias a la intercalación de un tramo conductor en uno de los electrodos de la pista al que se interconecta una resistencia de elevado valor óhmico y la implantación en cada vehículo de un circuito generador de una señal de sincronismo, de forma que es posible detectar qué vehículo pasa por cada sensor en cada momento.

En la presente solicitud se establece un procedimiento de caracterización de trayectorias encarriladas desconocidas recorridas por un móvil, el cual genera una serie de parámetros característicos de cada tramo de la trayectoria durante un recorrido de reconocimiento repetitivo del móvil a una velocidad v , conocida y constante, durante un número de tramos n par y superior al doble del número máximo de tramos esperado al menos de alguno de los siguientes parámetros; $S(i,j)$ serie de sentido de giro de las curvas. $O(i,j)$ serie de ángulos de las curvas. $R(i,j)$ serie de radios de las curvas. $L(i,j)$ serie de longitudes de las rectas que preceden a las curvas.

Además caracteriza la trayectoria mediante auto correlación de desfase variable de la serie de al menos algún parámetro característico, obteniendo su periodicidad, según las formulas generales de la auto correlación.

Dichos aspectos no son tenidos en cuenta en D01 y no se consideran que formen parte del conocimiento común del estado de la técnica que nos ocupa, por tanto establecen un avance, es decir la solución técnica a un problema técnico planteado que no pueda ser resuelto por un experto en la materia del sector que nos ocupa.

Por tanto, la reivindicación 1 es nueva (Artículo 6 LP) y presenta actividad inventiva (Artículo 8 LP).

Reivindicaciones 2 -4

El sistema presentado, localiza la posición del móvil sobre la trayectoria mediante correlación de desfase variable de la trayectoria obtenida en la etapa con el movimiento del móvil sobre la misma, determinando la posición mediante la obtención de la función de correlación con desfase variable K de las series de parámetros medidos con las series que caracterizan el circuito.

También localiza la posición del móvil sobre la trayectoria mediante el método de reducción sucesiva de los puntos de posible localización del móvil en la progresión de este a lo largo de la trayectoria. Cuando se incorpora el móvil al circuito puede hacerlo en cualquier posición Pxy , luego partimos de una situación inicial en que cualquier punto es posible que representaremos como una matriz de dimensión $M \times N$ con todos sus elementos iguales a la unidad.

Y por último cabe destacar el control de velocidad del móvil en función de los parámetros obtenidos para cada tramo, y/o ejecutar las órdenes recibidas en caso

de tener el móvil conexión con el exterior. Una vez conocida la posición del móvil en la trayectoria podemos calcular la velocidad máxima admisible en cada curva y aplicar a cada tramo las velocidades adecuadas.

Dichas consideraciones como se indica en la primera reivindicación, establecen una aportación al estado de la técnica que nos ocupa por tanto son nuevas (Artículo 6 LP) y presentan de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

Reivindicación 5

El documento más próximo al objeto de la invención es D02, dicho documento presenta un sistema de control y gestión del movimiento de un vehículo de slot, que comprende medios de alimentación de potencia eléctrica y un mando de accionamiento manual que genera una señal de control del vehículo.

El sistema además comprende un mando que tiene dos pulsadores, uno para regular la potencia, es decir la velocidad del vehículo y otro para regular el giro del vehículo.

En relación a la solicitud presentada, en ella se establece un dispositivo de medida y control, el cual comprende un ordenador (una unidad de memoria), y recibe información en tiempo real de sensores instalados en las pistas; el sistema controla los vehículos bajo una unidad de control de potencia del motor para su giro y frenado mediante modulación de pulsos; además el sistema comprende un sensor de medida de la velocidad angular del vehículo; respecto al sistema de comunicación, es vía radio y transmite comandos del piloto referentes a la regulación de velocidad, ordenes de cambio de pista y control de otros elementos auxiliares.

Se considera que dichos elementos forman parte del conocimiento común del estado de la técnica que nos ocupa (como además puede verse en los documentos citados en el presente informe), por tanto no establecen un avance, es decir la solución técnica a un problema planteado que no pueda ser resuelto por un experto en la materia del sector que nos ocupa. Por tanto, la reivindicación 5 es nueva (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).