



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 334 188**

② Número de solicitud: 200700687

⑤ Int. Cl.:
B60K 31/00 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **15.03.2007**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **05.03.2010**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
05.03.2010

⑰ Solicitante/s:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **García Rosa, Ricardo;
Eugenio Naranjo, José;
Pedro Lucio, Teresa de y
González Fernández-Vallejo, Carlos**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Dispositivo y procedimiento útil para el control de un automóvil, con ayuda de GPS y comunicaciones inalámbricas, que permite efectuar adelantamientos.**

㉑ Resumen:

Dispositivo y procedimiento útil para el control de un automóvil, con ayuda de GPS y comunicaciones inalámbricas, que permite efectuar adelantamientos.

El dispositivo y procedimiento permite el control automático para realizar mediante un computador maniobras de adelantamiento en carretera, manejando los tres actuadores principales del vehículo, acelerador, freno y dirección sin intervención humana, basándose en información sensorial proveniente de sistemas GNSS, redes de comunicaciones inalámbricas Wi-Fi y la información de navegación del propio vehículo. La computación de control del sistema esta basada en algoritmos de lógica borrosa desarrollados por los autores.

ES 2 334 188 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento útil para el control de un automóvil, con ayuda de GPS y comunicaciones inalámbricas, que permite efectuar adelantamientos.

Sector de la técnica

Dispositivo incorporado a vehículos a motor que se encuadra en el sector de la ingeniería del automóvil. Se trata de una herramienta diseñada para proporcionar un sistema integrado al vehículo que permite ayudar al conductor en la toma de decisiones y en la realización con toda seguridad de acciones relacionadas con los procesos de adelantamiento a otros vehículos.

Estado de la técnica

El número de accidentes de tráfico y accidentes mortales que se sufren en la carretera han venido estimulando, tanto por parte de los gobiernos como de los fabricantes de automóviles, la búsqueda de soluciones para reducir tanto los unos como las otras. Entre 1995 y 2000, solo en Estados Unidos, se produjeron 3841 accidentes durante el transcurso de maniobras de adelantamiento, con un balance de 13.012 personas fallecidas (*Fatality Analysis Reporting System, National Center for Statistics & Analysis, US DOT*). Continuamente, los gobiernos están llevando a cabo acciones a fin de reducir esta gran siniestralidad. Quizá una de las más radicales se ha dado en Holanda, donde se ha prohibido el adelantamiento en carreteras con un carril en cada sentido, con la consecuente molestia para los conductores [G. Hegeman, *Overtaking Frequency and Advanced Driver Assistance Systems, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, University of Parma, Parma, Italy, pp. 145-149, 2004*]. Evitar este tipo de planteamiento tan tajante es el objetivo de la investigación en sistemas de ayuda a la conducción, a fin de aumentar la seguridad de esta maniobra, para mejorar lo más posible el confort de la conducción.

Uno de los caminos elegidos para conseguir este objetivo es la introducción dentro de los vehículos de ayudas a la conducción que informen al conductor de situaciones que pudieran haber escapado a su conocimiento, o que controlen determinados aspectos puntuales de la conducción, con el fin aumentar las herramientas de ayuda a la conducción, así como reducir el número de elementos que requieren la atención simultánea y continuada del conductor.

La maniobra de cambio de carril es, sin duda, una de las más estudiadas en Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport Systems, ITS*), después del seguimiento de trayectorias. Se emplea como operación elemental para llevar a cabo otras maniobras más complejas, como puede ser el cambiar de carril en una autopista, tomar un desvío o adelantar a otro vehículo u obstáculo.

Así, en el programa de California PATH (*Partners for Advanced Transit and Highways*), utilizan esta maniobra de cambio de carril para incorporar de forma automática el vehículo autónomo a una caravana de vehículos que circulan por un carril diferente. En [R. Rajamani *et al.*, *Demonstration of integrated Longitudinal and Lateral Control for the Operation of Automated Vehicles in Platoons, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 8, No. 4, July 2000, pp. 695-708*] se describe un control lateral cuya finalidad es el mantenimiento del carril y el cambio a otro cuando es necesario, siempre manteniendo la misma dirección. Esta acción se realiza definiendo una trayectoria estimada de cambio de carril y siguiéndola sólo con sensores locales, ya que, en el transvase de un carril a otro, se deja de recibir realimentación de los sensores magnéticos localizados en el suelo de la carretera. Se contemplan tres fases en esta operación: abandono del carril, aproximación al nuevo carril y seguimiento del nuevo carril. Las variables de entrada al sistema de control analítico clásico son los errores laterales y angulares respecto del centro del carril, que es donde se localizan los marcadores.

La forma de calcular esta trayectoria para llevar a cabo el cambio de carril se puede encontrar más detallada en [H. Jula, E.B. Kosmatopoulos, P. Ioannou, *Collision Avoidance Analysis for Lane Changing and Merging, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 49, no. 6, November 2000, pp. 2295-2308.*], donde se hace un análisis exhaustivo. Define, además, las cuatro situaciones en las que es seguro o inseguro llevar a cabo un cambio de carril. Considerando que el vehículo 1 es el que realiza la maniobra y el vehículo 2 el que circula en el carril vecino, se tiene:

- Caso I: la velocidad del vehículo 1 es menor que la de otro e intenta realizar un cambio de carril sin modificar esta velocidad, realizando un seguimiento del vehículo 2.
- Caso II: el vehículo 1 circula más lento que el 2 y realiza el cambio de carril con una aceleración constante para colocarse delante de él.
- Caso III: el vehículo 1 circula más rápido que el 2 y realiza el cambio de carril a velocidad constante para colocarse delante de él.
- Caso IV: la velocidad del vehículo 1 es mayor que la del 2 y realiza el cambio de carril con una deceleración constante para colocarse detrás de él.

Los propios inventores han llevado a cabo experimentación sobre maniobras de cambio de carril, centrada, sobre todo, en lo referente a completar operaciones de adelantamiento de otro vehículo en carreteras de doble sentido, aunque también sería extensible a autopistas con algunas modificaciones. De esta manera, en [R. García, T. de Pedro, J.E. Naranjo, J. Reviejo, C. González, *Frontal and Lateral Control for Unmanned Vehicles in Urban Tracks*, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Versailles, France, 2002] se describen las reglas borrosas con capacidad para llevar a cabo adelantamientos de objetos estáticos y en su extensión, para poder llevar a cabo adelantamiento de objetos en movimiento, como por ejemplo otros vehículos. [J.E. Naranjo, C. González, R. García, T. de Pedro, R.E. Haber, *Power-Steering Control Architecture for Automatic Driving*, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 6, no. 4, December 2005, pp. 406-415., J.E. Naranjo, C. González, R. García, T. de Pedro, *ACC+Stop&Go Maneuvers With Throttle and Brake Fuzzy Control*, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 7, no. 2, June 2006, pp. 213-225].

Sin embargo, una vez probados con éxito los controladores desarrollados para adelantar obstáculos fijos, se debe proceder a una segunda fase de resolución de problemas, como es el adelantamiento de obstáculos móviles o, lo que es lo mismo, adelantar a otro vehículo que circula por nuestro carril.

Descripción de la invención

Descripción breve

El sistema objeto de las reivindicaciones permite el control automático para realizar mediante un computador maniobras de adelantamiento en carretera, manejando los tres actuadores principales del vehículo, acelerador, freno y dirección, sin intervención humana, basándose en información sensorial proveniente de sistemas GNSS, redes de comunicaciones inalámbricas Wi-Fi y la información de navegación del propio vehículo. La computación de control del sistema esta basada en algoritmos de lógica borrosa desarrollados por los autores.

Descripción detallada

La presente invención se enfrenta al problema de proporcionar nuevos dispositivos o mecanismos de ayuda a los conductores para la información y regulación o control automático de vehículos a motor, y más particularmente para el adelantamiento de vehículos.

El objeto que se propone es un dispositivo o aparato que permite el control automático de un automóvil como ayuda a un conductor, preferentemente, que permita efectuar adelantamientos. El dispositivo presentado en la invención utiliza el localizador (*Global Positioning System*) GPS o Sistema de Posicionamiento Global (su nombre más correcto es NAVSTAR GPS), que es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros usando GPS diferencial, aunque lo habitual es que esta precisión sea de unos pocos metros. El GPS fue desarrollado, instalado y actualmente es utilizado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El dispositivo de la invención utiliza esta información obtenida del sistema GPS para realizar el control de posición de un vehículo equipado con dicho dispositivo y mantenerlo en su trayectoria. Además del GPS, se utiliza otra fuente sensorial por medio de la comunicación ethernet inalámbrica; en particular, Wi-Fi, que es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares IEEE 802.11x. Esta unidad recibe información de la presencia de otros vehículos cercanos y por medio del uso de nuevos algoritmos de control borroso (*fuzzy*) como método de control del sistema, desarrollados para la presente invención, identifica todas sus trayectorias y velocidades y realiza las operaciones adecuadas sobre elementos y medios analógicos o digitales de conducción como volante, acelerador y freno para efectuar un adelantamiento en caso de que las condiciones y la seguridad de la maniobra lo permitan. Por ejemplo, si la vía izquierda está libre en caso de uso de una autovía o si no hay vehículos en sentido contrario en el caso de carreteras de dos sentidos. El sistema puede ser instalado en cualquier tipo de vehículo, equipado con cambio de marchas manual o automático, requiriendo en el caso de que sea manual al cambio de la marcha actual cuando las necesidades de potencia y velocidad de circulación lo requieran.

Por tanto, un objeto de la presente invención lo constituye un dispositivo útil para el control del adelantamiento de un vehículo (vehículo equipado) que comprende los elementos siguientes:

- (i) Sistema GPS de recepción de datos,
- (ii) elemento de comunicación de red inalámbrica ethernet según estándares IEEE 802.11x,
- (iii) sistema de comunicación con el bus del vehículo para lectura de datos de éste, en particular, la velocidad,
- (iv) unidad de salida de datos, analógica, para control de volante,
- (v) unidad de salida de datos, analógica, para control de aceleración,

ES 2 334 188 A1

(vi) unidad de salida de datos, analógica para control de freno, y

(vii) unidad de proceso (computador) responsable de la aplicación de los algoritmos fuzzy específicamente diseñados para realizar la toma de decisiones automática del procedimiento de la invención y las tareas de control de todos los dispositivos digitales y analógicos que dependen del sistema, como son las unidades de señalización de inicio y final de maniobra de los indicadores luminosos del vehículo, y de realizar las siguientes funciones:

- a) Obtener y analizar la posición del vehículo mediante el GPS, localizando dicha posición en la trayectoria de viaje definida inicialmente, comparando la posición dada por el GPS con la base de datos de caminos y localizando el punto de ésta más próximo a la posición real del vehículo;
- b) Identificar las posibilidades de adelantamiento mediante el análisis de las características del camino y determinando, en concreto, si se trata de carretera de doble sentido o autovía; identificar asimismo las especificaciones concretas de circulación de ese tramo (línea continua, prohibición de adelantamiento, velocidad máxima permitida, existencia de cruce, etc.) que condicionan dicho adelantamiento y que deben constar en la base de datos;
- c) Obtener y analizar los datos recibidos por la red inalámbrica tipo Ethernet para determinar la posición y la distancia entre el vehículo equipado y el/los vehículo/s precedente/s más próximos con los que se debe interactuar o entrar en conflicto,
- d) Obtener la velocidad del vehículo equipado a partir de las informaciones de su bus CAN de datos,
- e) Aplicar mediante un programa los algoritmos de control borroso desarrollados con los datos precedentes para identificar:
 - e.1.- si existe algún coche circulando por delante del vehículo equipado y en el mismo carril que obstaculicen el camino,
 - e.2.- si existe ese vehículo, determinar si dada su velocidad y posición es necesaria la maniobra de adelantamiento;
 - e.3.- en caso de determinarse la maniobra de e.2) como necesaria, calcular si es posible llevarla a cabo, comprobando que el carril izquierdo está libre de otros vehículos mediante la comunicación inalámbrica, y que la vía de circulación permite adelantamientos (se considera que el sistema conoce de antemano esta información sobre la vía, ya sea porque está incluida dentro de una cartografía de última generación o bien porque el vehículo cuenta con algún sistema para la detección de señales de tráfico de la carretera),
 - e.4.- estimar la distancia que conllevaría ese adelantamiento en las circunstancias actuales (d_{adel}), expresada en la Ecuación 1, y evaluar si las condiciones de adelantamiento se cumplen durante todo ese tiempo,

$$S_1 = 0.0118v_1^2 + 0.0862v_1 + 20.943$$

Ecuación (1)

$$d_{adel} = 2S_1 + \frac{8v_1}{v_1 - v_2}$$

donde v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado; S_1 es espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta; d_{adel} es el espacio necesario para llevar a cabo un adelantamiento completo, y

ES 2 334 188 A1

e.5.- Una vez se cumplen todas las condiciones previas, estimar el punto en el que debe comenzar la maniobra (A), mediante la Ecuación 2, y que se describe gráficamente en la Figura 1,

$$t = \frac{S_1}{v_1}$$

$$S_2 = v_2 \cdot t$$

$$l = 4$$

Ecuación (2)

$$A = S_1 - S_2 + l = S_1 - S_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} + l = S_1 \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right) + l$$

donde S_1 es el espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta; S_2 es el espacio que recorre el coche adelantado en el tiempo (t) que dura el cambio de carril; l representa la longitud del vehículo que lleva a cabo el adelantamiento (4 m en el caso del Citroën Berlingo utilizado en el ejemplo); A es el punto en el que debe comenzar la maniobra; v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado,

- f) se inicia el adelantamiento consistente en mantener la velocidad, acercándose al vehículo precedente hasta alcanzar la distancia estimada de inicio del adelantamiento, aplicando los algoritmos (1) y (2) anteriores,
- g) una vez que se llega a esa posición estimada se deben determinar las señales de control que deben actuar sobre el acelerador, el freno y el volante de modo que se realice un primer cambio de carril al carril izquierdo y rebasar al vehículo precedente, aplicando los algoritmos (1) y (2) anteriores,
- h) determinar las señales de control que deben actuar sobre el volante, el acelerador y sobre los sistemas de señalización, aplicando en los algoritmos anteriores, con el fin de rebasar al vehículo adelantado hasta el punto que determinan los algoritmos (1) y (2) desarrollados para el dispositivo;
- i) determinar las señales de control que deben actuar sobre el volante, el acelerador y los sistemas de señalización al alcanzar el punto, aplicando en los algoritmos (1) y (2) anteriores, que determina la vuelta al carril derecho con el fin de terminar el adelantamiento, y
- j) continuar circulando normalmente.

La lógica multivaluada incluye sistemas lógicos que admiten varios valores de verdad posibles. La lógica difusa (o borrosa, del inglés *fuzzy logic*) es una de ellas, que se caracteriza por querer cuantificar esta incertidumbre: Si P es una proposición, se le puede asociar un número $v(P)$ en el intervalo $[0,1]$ tal que:

- Si $v(P) = 0$, P es falso.
- Si $v(P) = 1$, P es verdadero.
- La veracidad de P aumenta con $v(P)$.

Hay semejanzas con la teoría de la probabilidad, aunque la lógica difusa y esta última teoría persiguen fines distintos. La lógica borrosa o difusa se basa en el principio de *Todo es cuestión de grado*. Así, por ejemplo, si una medida de 2 m es definida como una longitud larga (es larga con grado 1) y una longitud de 1 m es definida como que no es longitud larga en absoluto (es larga con grado 0). De forma intermedia se puede decir que una longitud que mida 1,82 m es larga con grado 0,75 indicando que es “bastante larga”. Por el contrario, la lógica clásica sólo definiría si la longitud es larga o no, definiendo la diferencia entre pertenecer a un grupo u otro un simple centímetro.

La aplicación de la lógica borrosa a los dispositivos de control, y en particular el que se describe en esta patente, tiene la gran ventaja de que permite manejar sistemas no lineales de alta complejidad, como por ejemplo la dirección de un vehículo, de los que no existen modelos matemáticos exactos y que por lo tanto, un sistema de control clásico no es susceptible de ser aplicado. En este caso, el sistema borroso desarrollado aplica el conocimiento procedural de los seres humanos al sistema de conducción de un vehículo, logrando un comportamiento muy similar al de los seres humanos cuando nos encontramos en situaciones de adelantamiento y cambio de carril.

La función de un bus de datos (d) es mover los datos entre los dispositivos hardware: de entrada, de salida y de almacenamiento, como el disco duro o la memoria Flash. Estas transferencias que se dan a través del bus de datos son gobernadas por varios dispositivos y métodos, de los cuales el controlador PCI, *Peripheral Component Interconnect* o Interconexión de componentes Periféricos, es uno de los principales.

ES 2 334 188 A1

Otro objeto de la invención lo constituye un procedimiento útil para el control automático de adelantamientos de un automóvil basado en el empleo de GPS y comunicaciones inalámbricas como principal fuente sensorial y de la lógica borrosa como método de control del sistema y porque comprende las siguientes etapas:

- 5 a) Obtención y análisis de los datos del GPS propio como la posición del vehículo equipado y localizando dicha posición en la trayectoria de viaje definida inicialmente,
- b) Identificación de las posibilidades de adelantamiento mediante el análisis de las características del camino,
- 10 c) Obtención y análisis de los datos recibidos por la red inalámbrica tipo ethernet para determinar la posición y la distancia entre el vehículo equipado y el/los vehículo/s precedente/s más próximos con los que se debe interactuar o entrar en conflicto,
- d) Obtención de la velocidad del vehículo equipado a partir de las informaciones de su bus CAN de datos,
- 15 e) Aplicación mediante un programa de los algoritmos de control borroso desarrollados con los datos precedentes para identificar:
 - 20 e.1.- si existe algún coche circulando por delante del vehículo equipado y en el mismo carril que obstaculicen el camino,
 - e.2.- si existe ese vehículo, determinar si dada su velocidad y posición es necesaria la maniobra de adelantamiento;
 - 25 e.3.- en caso de determinarse la maniobra de e.2) como necesaria, calcular si es posible llevarla a cabo, comprobando que el carril izquierdo está libre de otros vehículos mediante la comunicación inalámbrica, y que la vía de circulación permite adelantamientos,
 - 30 e.4.- estimar la distancia que conllevaría ese adelantamiento en las circunstancias actuales (d_{adel}), expresado en la Ecuación 1, y evaluar si las condiciones de adelantamiento se cumplen durante todo ese tiempo,

$$S_1 = 0.0118v_1^2 + 0.0862v_1 + 20.943$$

Ecuación (3)

$$d_{adel} = 2S_1 + \frac{8v_1}{v_1 - v_2}$$

donde:

v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado; S_1 es el espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta,

- 45 e.5.- Una vez se cumplen todas las condiciones previas, estimar el punto en el que debe comenzar la maniobra (A), mediante la Ecuación 2, y que se describe gráficamente en la Fig. 1,

$$t = \frac{S_1}{v_1}$$

$$S_2 = v_2 \cdot t$$

$$l = 4$$

Ecuación (4)

$$A = S_1 - S_2 + l = S_1 - S_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} + l = S_1 \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right) + l$$

donde:

S_1 es el espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta; S_2 es el espacio que recorre el coche adelantado en el tiempo (t) que dura el cambio de carril; l representa la longitud del vehículo; A es el punto en el que debe comenzar la maniobra; v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado.

- f) se inicia el adelantamiento consistente en mantener la velocidad, acercándose al vehículo precedente hasta alcanzar la distancia estimada de inicio del adelantamiento, aplicando los algoritmos (1) y (2) anteriores,
- g) una vez que se llega a esa posición estimada se debe determinar las señales de control que deben actuar sobre el acelerador, el freno y el volante de modo que se realice un primer cambio de carril al carril izquierdo y rebasar al vehículo precedente, aplicando los algoritmos (1) y (2) anteriores,
- h) determinar las señales de control que deben actuar sobre el volante, el acelerador y sobre los sistemas de señalización, aplicando en los algoritmos anteriores, con el fin de rebasar al vehículo adelantado hasta el punto que determinan los algoritmos (1) y (2) desarrollados para el dispositivo;
- i) determinar las señales de control que deben actuar sobre el volante, el acelerador y los sistemas de señalización al alcanzar el punto, aplicando en los algoritmos (1) y (2) anteriores, que determina la vuelta al carril derecho con el fin de terminar el adelantamiento, y
- j) continuar circulando normalmente.

Como todos los sistemas autónomos o de asistencia a la conducción de los que depende la seguridad del vehículo y sus ocupantes (por ejemplo el *Adaptive Cruise Control*), toda maniobra y acción que pueda tomar de forma autónoma queda en función de una decisión del ser humano. Esto significa que la última decisión de llevar a cabo la maniobra es tomada por el conductor que puede detenerla y tomar el control manual del coche en cualquier momento del proceso.

Finalmente, otro objeto de la invención es el uso del dispositivo y el procedimiento de la invención para el control automático de maniobras de adelantamiento en carretera de un vehículo, ya sea de forma independiente o integrado en sistemas con otras aplicaciones complementarias de la conducción.

Descripción de las figuras

Figura 1.- *Esquema del cambio de carril del derecho al izquierdo en un adelantamiento.* A es la distancia entre los dos coches donde debe comenzar la maniobra; t_1 es el momento en el que se inicia la maniobra y t_2 el momento en el que el cambio de carril al carril izquierdo ha sido completado; l representa la longitud del vehículo; v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado. S_1 es el espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta; S_2 es el espacio que recorre el coche adelantado en el tiempo que dura el cambio de carril.

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1}$$

$$S_2 = v_2 \cdot t_1$$

$$l = 4$$

$$A = S_1 - S_2 + l = S_1 - S_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} + l = S_1 \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right) + l$$

Ecuación (4)

Figura 2.- *Adelantamiento a otro vehículo.* La consigna de velocidad para el vehículo que adelanta ha sido fijada a 29 km/h y el conductor del vehículo adelantado intenta mantenerlo a 15 km/h.

Figura 3.- *Adelantamiento a otro vehículo.* La consigna de velocidad para el vehículo que adelanta ha sido fijada a 46 km/h y el conductor del vehículo adelantado intenta mantenerlo a 15 km/h. 1) Velocidad real del vehículo que adelanta, 2) Consigna de velocidad del vehículo que adelanta, 3) Velocidad real del vehículo adelantado, 4) Trayectoria del vehículo que adelanta (conducido automáticamente), 5) Trayectoria del vehículo adelantado (conducido manualmente), 6) Marcas de tiempo del que adelanta, y 7) Marcas de tiempo del adelantado.

Figura 4. - *Adelantamiento a otro vehículo.* La consigna de velocidad del vehículo que adelanta se ha establecido a 55 km/h y el conductor del vehículo adelantado intenta mantenerlo a 15 km/h. 1) Velocidad real del vehículo que adelanta, 2) Consigna de velocidad del vehículo que adelanta, 3) Velocidad real del vehículo adelantado, 4) Trayectoria del vehículo que adelanta (conducido automáticamente), 5) Trayectoria del vehículo adelantado (conducido manualmente), 6) Marcas de tiempo del que adelanta, 7) Marcas de tiempo del adelantado.

Ejemplo de realización de la invención

Ejemplo 1

5 *Elaboración y uso del dispositivo de la invención*

1.1.- *Elaboración del dispositivo*

10 Se ha construido un prototipo del aparato para llevar a cabo el procedimiento de la invención desarrollado por los inventores que comprende los siguientes elementos:

- Un sistema GPS,
- Una tarjeta para la comunicación de red ethernet inalámbrica,
- Una comunicación con el bus CAN que lleva datos del vehículo para leer datos de éste y, en particular, la velocidad,
- Un computador con una entrada serie que ejecuta un programa para resolver el procedimiento de la invención, y
- Una tarjeta de salidas analógicas para control de volante, control de acelerador, y control de freno.

25 El aparato objeto de la invención va a gestionar el siguiente flujo de datos al contar con 7 señales de entrada, que suministran al sistema la información necesaria tanto para decidir si se puede llevar a cabo la maniobra de adelantamiento como para, una vez decidido que es posible, ejecutarla de manera automática. Estos 7 flujos de entrada son:

- Posición GPS del vehículo,
- Posición GPS del vehículo a adelantar,
- Posición GPS de los demás vehículos que circulan por la zona,
- Ángulo de giro del volante,
- Cartografía GPS de la ruta a ejecutar,
- Velocidad del vehículo, y
- Señal de cancelación de la maniobra automática.

Las señales de salida serán las siguientes:

- Ángulo que debe ser girado el volante para ejecutar la maniobra
- Aviso de si se puede o no realizar 1 maniobra de adelantamiento
- Aviso de maniobra de adelantamiento automático en ejecución

55 El sistema objeto de la invención se activa por parte del conductor por medio del uso de un botón u cualquier otro dispositivo y se puede desactivar en cualquier instante tanto porque el conductor ejecuta una maniobra distinta a la propuesta por el sistema o porque desactiva el mando correspondiente, siendo estos procesos los habituales en este tipo de ayudas como las existentes en los sistemas de control de velocidad habituales en el mercado.

60 De forma más específica, el aparato sirve para controlar un vehículo automáticamente a lo largo de un trayecto cubierto por un sistema GPS. Para ello, dispone de la base de datos de los caminos existentes y las premisas y condiciones de circulación. El objetivo es que una vez que el conductor ha señalado el punto de destino, el aparato de la invención calcula la trayectoria y controla el vehículo hasta llegar al punto de destino, teniendo en cuenta la presencia de los demás vehículos en la calzada.

Para ello dispone del GPS que le permite conocer su propia posición, y de la entrada de red inalámbrica, que le permite conocer la posición de los demás vehículos.

65 El GPS está conectado a la entrada en serie del computador y le envía continuamente tramas en las que especifica la posición del vehículo. El programa desarrollado en la presente invención lee estas tramas, así como otras del bus CAN, (que lleva datos del vehículo). CAN (*Controller Area Network*) es un protocolo de comunicaciones desarrollado

ES 2 334 188 A1

por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos. Además, ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples unidades centrales de proceso.

5 El protocolo de comunicaciones CAN proporciona los siguientes beneficios:

- a) Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.
- 10 b) El procesador anfitrión (*host*) delega la carga de comunicaciones a un periférico inteligente, de modo que el procesador anfitrión dispone de mayor tiempo para ejecutar sus propias tareas.
- c) Al ser una red multiplexada, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto.
- 15 d) Para simplificar aun más la electrónica del coche se puede utilizar una subred más simple, que se conecta a la red CAN, llamada LIN.

CAN se basa en el modelo productor/consumidor, un concepto o paradigma de comunicaciones de datos que describe una relación entre un productor y uno o más consumidores. CAN es un protocolo orientado a mensajes, es decir, la información que se va a intercambiar se descompone en mensajes, a los cuales se les asigna un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión. Cada mensaje tiene un identificador único dentro de la red, con el cual los nodos deciden si aceptan o no dicho mensaje. Dentro de sus principales características se encuentran:

- 25 • Prioridad de mensajes,
- Garantía de tiempos de latencia,
- Flexibilidad en la configuración,
- 30 • Recepción por multidifusión (*multicast*) con sincronización de tiempos,
- Sistema robusto en cuanto a consistencia de datos,
- Sistema multimaestro,
- 35 • Detección y señalización de errores,
- Retransmisión automática de tramas erróneas,
- 40 • Distinción entre errores temporales y fallas permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos.

CAN fue desarrollado, inicialmente para aplicaciones en los automóviles y, por lo tanto, la plataforma del protocolo es resultado de las necesidades existentes en el área de la automoción. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO, *International Organization for Standardization*) define dos tipos de redes CAN: una red de alta velocidad (hasta 1 Mbps), bajo el estándar ISO 11898-2, destinada para controlar el motor e interconectar las unidades de control electrónico (ECU); y una red de baja velocidad tolerante a fallos (menor o igual a 125 kbps), bajo el estándar ISO 11519-2/ISO 11898-3, dedicada a la comunicación de los dispositivos electrónicos internos de un automóvil como el control de puertas, el techo corredizo, las luces y los asientos.

50 CAN es un protocolo de comunicaciones en serie que soporta control distribuido en tiempo real con un alto nivel de seguridad y multiplexación. El establecimiento de una red CAN para interconectar los dispositivos electrónicos internos de un vehículo tiene la finalidad de sustituir o eliminar el cableado. Las ECUs, sensores, sistemas antideslizantes, etc. se conectan mediante una red CAN a velocidades de transferencia de datos de hasta 1 Mbps. De acuerdo con el modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*), la arquitectura de protocolos CAN incluye tres capas: física, de enlace de datos y aplicación, además de una capa especial para gestión y control del nodo llamada capa de supervisor.

- 60 • Capa física: define los aspectos del medio físico para la transmisión de datos entre nodos de una red CAN. Los más importantes son: niveles de señal, representación, sincronización y tiempos en los que los bits se transfieren al bus. La especificación del protocolo CAN no define una capa física; sin embargo, los estándares ISO 11898 establecen las características que deben cumplir las aplicaciones para la transferencia en alta y baja velocidad.
- 65 • Capa de enlace de datos: define las tareas independientes del método de acceso al medio. Además, debido a que una red CAN brinda soporte para procesamiento en tiempo real a todos los sistemas que la integran, el intercambio de mensajes que demanda dicho procesamiento requiere de un sistema de transmisión a frecuencias altas y retrasos mínimos. En redes multimaestro, la técnica de acceso al medio es muy importante

ES 2 334 188 A1

ya que todo nodo activo tiene los derechos para controlar la red y acaparar los recursos. Por lo tanto la capa de enlace de datos define el método de acceso al medio así como los tipos de tramas para el envío de mensajes.

5 Cuando un nodo necesita enviar información a través de una red CAN, puede ocurrir que varios nodos intenten transmitir simultáneamente. CAN resuelve lo anterior al asignar prioridades mediante el identificador de cada mensaje, donde dicha asignación se realiza durante el diseño del sistema en forma de números binarios y no puede modificarse dinámicamente. El identificador con el menor número binario es el que tiene mayor prioridad.

10 El método de acceso al medio utilizado es el de Acceso Múltiple por Detección de Portadora, con Detección de Colisiones y Arbitraje por Prioridad de Mensaje (CSMA/CD+AMP, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration Message Priority*). De acuerdo con este método, los nodos en la red que necesitan transmitir información deben esperar a que el bus esté libre (detección de portadora); cuando se cumple esta condición, dichos nodos transmiten un bit de inicio (acceso múltiple). Cada nodo lee el bus bit a bit durante la transmisión de la trama
15 y compara el valor transmitido con el valor recibido; mientras los valores sean idénticos, el nodo continúa con la transmisión; si se detecta una diferencia en los valores de los bits, se lleva a cabo el mecanismo de arbitraje.

CAN establece dos formatos de tramas de datos (*data frame*) que difieren en la longitud del campo del identificador: las tramas estándares (*standard frame*), con un identificador de 11 bits definidas en la especificación CAN 2.0A, y las
20 tramas extendidas (*extended frame*), con un identificador de 29 bits definidas en la especificación CAN 2.0B.

Para la transmisión y control de mensajes CAN se definen cuatro tipos de tramas: de datos, remota (*remote frame*), de error (*error frame*) y de sobrecarga (*overload frame*). Las tramas remotas también se establecen en ambos formatos, estándar y extendido, y tanto las tramas de datos como las remotas se separan de tramas precedentes mediante espacios
25 entre tramas (*interframe space*).

En cuanto a la detección y manejo de errores, un controlador CAN cuenta con la capacidad de detectar y manejar los errores que surjan en una red. Todo error detectado por un nodo se notifica inmediatamente al resto de los nodos.

30 • Capa de supervisor: La sustitución del cableado convencional por un sistema de bus serie presenta el problema de que un nodo defectuoso puede bloquear el funcionamiento del sistema completo. Cada nodo activo transmite una bandera de error cuando detecta algún tipo de error y puede ocasionar que un nodo defectuoso pueda acaparar el medio físico. Para eliminar este riesgo el protocolo CAN define un mecanismo autónomo, conocido como "mecanismo de aislamiento de fallos", para detectar y desconectar un nodo defectuoso del bus.
35

• Capa de aplicación: Existen diferentes estándares que definen la capa de aplicación; algunos son muy específicos y están relacionados con sus campos de aplicación. Entre las capas de aplicación más utilizadas cabe mencionar CAL, CANopen, DeviceNet, SDS (*Smart Distributed System*), OSEK, CANKingdom.
40

Utilizado el sistema CAN para obtener su velocidad, y otras de la red inalámbrica para conocer la posición del vehículo anterior, el programa de control borroso basado en reglas utiliza los valores así obtenidos para determinar a partir de la posición del vehículo dada por el GPS la desviación respecto de la trayectoria prefijada y actuar sobre el volante según las reglas intuitivas de la conducción. Gracias al control borroso éstas pueden llegar a cuantificarse y
45 obtener valores concretos para actuar;

Si estás a la izquierda, gira el volante a la derecha

Si estás a la derecha, gira el volante a la izquierda
50

El programa conoce la velocidad y la posición del vehículo precedente, por lo que calcula la distancia de seguridad y, si esta activado el control, usando reglas análogas al ejemplo puesto para la velocidad, decide reducir la distancia de seguridad si es demasiado grande y aumentarla si es demasiado pequeña. Para ello utiliza las salidas analógicas para actuar sobre el acelerador y el freno. El modo de actuación es dejar de, acelerar y, si no es suficiente, frenar. Al manejar los tres actuadores del vehículo, volante, acelerador y freno, tiene de hecho el control total del mismo.
55

1.2.- Uso del dispositivo de la invención para llevar a cabo un adelantamiento real

Adelantamiento a obstáculos móviles. Una vez probados con éxito los controladores desarrollados para adelantar
60 obstáculos fijos, en la presente invención se procedió a aplicar el dispositivo de la invención en una segunda fase al adelantamiento de obstáculos móviles, es decir adelantar a otro vehículo que circula por el carril del vehículo propio.

Los siguientes ensayos se han llevado a cabo empleando dos vehículos (Citroën Berlingo), uno de los cuales se ha preparado con el dispositivo de la invención a bordo. El primero es un coche automatizado empleado en los ensayos.
65 El segundo es otro vehículo idéntico pero conducido manualmente. Los dos vehículos llevan un receptor GPS con una resolución de centímetros y están enlazados mediante el sistema de radio-ethernet ya descrito, que hace posible conocer la posición de ambos coches en tiempo real.

ES 2 334 188 A1

Cada una de las figuras que describen los ensayos se divide en dos gráficas (Figura 2 a 4). La inferior muestra las trayectorias de cada uno de los coches que participan en el ensayo, en las cuales se marcan referencias temporales para reflejar la situación de cada uno de los coches en el mismo instante de tiempo. En la gráfica superior se representa la comparación de velocidades del vehículo que adelanta y el vehículo adelantado para ese recorrido.

5

Normalmente la maniobra de adelantamiento se utiliza para pasar a un vehículo que está parado o que circula a una velocidad menor a otro anterior en el mismo carril. Esta maniobra puede llevarse a cabo en una carretera de varios carriles o de uno solo. En todo caso, la maniobra se lleva a cabo de la siguiente manera: se inicia con el cambio de carril al lado izquierdo contiguo, se procede a adelantar por el carril izquierdo hasta que se rebasa al otro vehículo, y finalmente se incorpora de nuevo al carril derecho para continuar la circulación normal (Fig. 1). En resumen, existen dos cambios de carril y una etapa de adelantamiento, por lo que deben ser manejadas de forma autónoma la velocidad y la conducción. Ambos controles pueden llevarse a cabo de forma parcial y desacoplada, aunque deben compartir la misma información de entrada y las mismas etapas de toma de decisiones de forma coordinada. Se ha procedido a definir una arquitectura del proceso de adelantamiento de la invención que mimetice la conducción humana.

15

El primer ensayo consiste en un adelantamiento en el que el coche automatizado que adelanta circula a 29 km/h y el conductor humano del otro coche mantiene una velocidad constante de 15 km/h (Fig. 2). Se puede apreciar el correcto funcionamiento del controlador borroso y de los ajustes para el cálculo de las ecuaciones para la limitación del giro máximo del volante y la elección del momento de inicio de la maniobra de cambio de carril, que quedará plenamente confirmado con su correcto funcionamiento en el resto de ensayos desarrollados.

20

La Fig. 3 representa el rendimiento del sistema en un adelantamiento cuando la velocidad prefijada es de 46 km/h. Además de poder observar el buen funcionamiento del sistema, sin sobreactuaciones ni salidas de ruta, y la correcta elección de la distancia partir de la cual puede comenzar la maniobra de cambio de carril, se puede apreciar que la conducción llevada cabo por el sistema automático, tanto en cuanto a dirección como a control de la velocidad, es incluso mejor que la realizada por el conductor humano que conduce el coche a adelantar. Esto muestra que los márgenes de tolerancia exigidos al dispositivo de conducción de la invención son incluso mayores que los exigidos a un conductor humano, sin que por eso el humano lleve a cabo una conducción en absoluto temeraria. También es de resaltar que el sistema se ajusta perfectamente a sus operaciones a pesar de las imperfecciones de la conducción humana, que es algo muy importante a tener en cuenta a la hora de construir cualquier sistema que interactúe con el hombre.

30

A modo de curiosidad debemos resaltar que una maniobra típica de los conductores humanos es la de echarnos un poco a la derecha de forma inconsciente cuando somos adelantados, en la creencia quizá de que podemos facilitar la maniobra.

35

Por último, en la Fig. 4 se puede observar un adelantamiento en el que la consigna de velocidad para el vehículo automática era de 55 km/h, que es aproximadamente el límite de velocidad en conducción urbana y el máximo que podemos alcanzar en nuestro circuito de pruebas con seguridad. Como característica fundamental de la maniobra de adelantamiento a esta velocidad podemos destacar que el comportamiento es tan bueno como a velocidades inferiores, pero con la particularidad de que no se puede terminar la maniobra debido a que se termina la pista del circuito donde se estaba ensayando. En este caso, la elección, tanto del ángulo máximo de giro como del momento de comienzo de la maniobra, es correcta y, una vez más, la comparación entre el rendimiento de la conducción humana con la automática muestra que exigimos mucho más a nuestro piloto que a nosotros mismos cuando conducimos; cosa lógica, por otro lado, al tratarse, al fin y al cabo, de una máquina más que realiza tareas consideradas peligrosas.

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo útil para el control del adelantamiento de un vehículo que comprende los elementos siguientes:

- (i) Sistema GPS de recepción de datos,
- (ii) elemento de comunicación de red inalámbrica ethernet según estándares IEEE 802.11x,
- (iii) sistema de comunicación con el bus del vehículo para lectura de datos de éste, en particular, la velocidad,
- (iv) unidad de salida de datos, analógica para controlar los actuadores del volante,
- (v) unidad de salida de datos, analógica para controlar el actuador de la aceleración,
- (vi) unidad de salida de datos, analógica para controlar el actuador del freno, y
- (vii) unidad de proceso (computador) responsable de la toma de decisiones automática del procedimiento de la invención y las tareas de control de todos los dispositivos digitales y analógicos que dependen del sistema, como son las unidades de señalización de inicio y final de maniobra de los indicadores luminosos del vehículo. Esta unidad se encarga de activar los controles del volante para cambiar de carril cuando a partir de los datos que tiene y le llegan por red calcula que la velocidad propia el mayor que la del vehículo precedenty y que se cumple la condición de la ecuación 1.

2. Procedimiento útil para el control automático de adelantamientos de un automóvil **caracterizado** porque se emplea GPS y comunicaciones inalámbricas como principal fuente sensorial y la lógica borrosa como método de control del sistema, y porque comprende las siguientes etapas:

- a) Obtención y análisis de los datos del GPS propio como la posición del vehículo equipado y localizando dicha posición en la trayectoria de viaje definida inicialmente,
- b) Identificación de las posibilidades de adelantamiento mediante el análisis de las características del camino,
- c) Obtención y análisis de los datos recibidos por la red inalámbrica tipo ethernet para determinar la posición y la distancia entre el vehículo equipado y el/los vehículo/s precedente/s más próximos con los que se debe interactuar o entrar en conflicto,
- d) Obtención de la velocidad del vehículo equipado a partir de las informaciones de su bus CAN de datos,
- e) Aplicación mediante un programa de los algoritmos desarrollados con los datos precedentes para identificar las situaciones:
 - e.1.- si existe algún coche circulando por delante del vehículo equipado y en el mismo carril que obstaculicen el camino, analizando las comunicaciones inalámbricas recibidas; esto se hace analizando los datos recibidos y mirando si los vehículos que preceden al propio circulan a menos velocidad,
 - e.2.- si existe ese vehículo, determinar si dada su velocidad y posición es necesaria la maniobra de adelantamiento, lo que se hace verificando si se cumple la ecuación 1,
 - e.3.- en caso de determinarse la maniobra de e.2) como necesaria, calcular si es posible llevarla a cabo, comprobando que el carril izquierdo está libre de otros vehículos mediante la comunicación inalámbrica, y que la vía de circulación permite adelantamientos,
 - e.4.- estimar la distancia que conllevará ese adelantamiento en las circunstancias actuales (d_{Adel}), expresado en la Ecuación 1, y evaluar si las condiciones de adelantamiento se cumplen durante todo ese tiempo,

$$S_j = 0.0118v_1^2 + 0.0862v_1 + 20.943$$

$$d_{adel} = 2S_1 + \frac{8v_1}{v_1 - v_2}$$

Ecuación (1)

donde:

v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado; S_1 es el espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta,

ES 2 334 188 A1

e.5.- Una vez se cumplen todas las condiciones previas, estimar el punto en el que debe comenzar la maniobra (A), mediante la Ecuación 2, y que se describe gráficamente en la Figura 1,

$$t = \frac{S_1}{v_1}$$

$$S_2 = v_2 \cdot t$$

$$l = 4$$

Ecuación (2)

$$A = S_1 - S_2 + l = S_1 - S_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} + l = S_1 \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right) + l$$

donde:

S_1 es el espacio necesario para llevar a cabo un cambio de carril por parte del vehículo que adelanta; S_2 es el espacio que recorre el coche adelantado en el tiempo (t) que dura el cambio de carril; l representa la longitud del vehículo; A es el punto en el que debe comenzar la maniobra; v_1 es la velocidad del vehículo que adelanta y v_2 es la velocidad del vehículo adelantado.

- f) Iniciar el adelantamiento manteniendo la velocidad, mientras se acerca al vehículo precedente hasta alcanzar la distancia estimada de inicio del adelantamiento, calculada según la ecuación 1,
- g) una vez que se llega a la distancia calculada por la ecuación 1, momento en que debe iniciarse el adelantamiento actuar sobre el control que hace girar el volante a la izquierda y los sistemas de señalización. el giro a la izquierda del volante se mantiene hasta que el GPS nos indica que estamos en el carril adyacente. De este modo que se realiza un primer cambio de carril al carril izquierdo para así poder rebasar al vehículo precedente.
- h) Continuar por el carril adyacente hasta que las comunicaciones inalámbricas nos permiten detectar que se ha rebasado el vehículo completamente,
- i) actuar sobre actuar sobre el control que hace girar el volante a la derecha y los sistemas de señalización para imprimir al volante un giro a la derecha hasta que el GPS indica que se ha vuelto al carril original con el fin de terminar el adelantamiento, y
- j) continuar circulando normalmente.

3. Uso del dispositivo y el procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2 para el control automático de maniobras de adelantamiento de un vehículo en carretera, ya sea de forma independiente o integrado en sistemas con otras aplicaciones complementarias de la conducción.

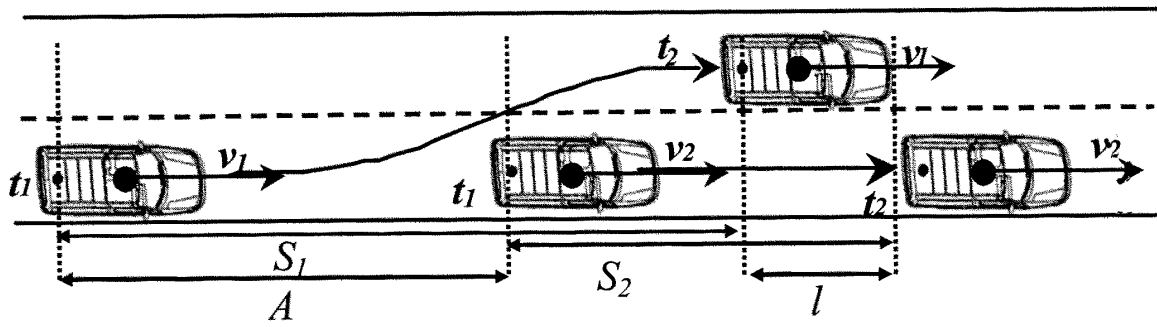


Figura 1

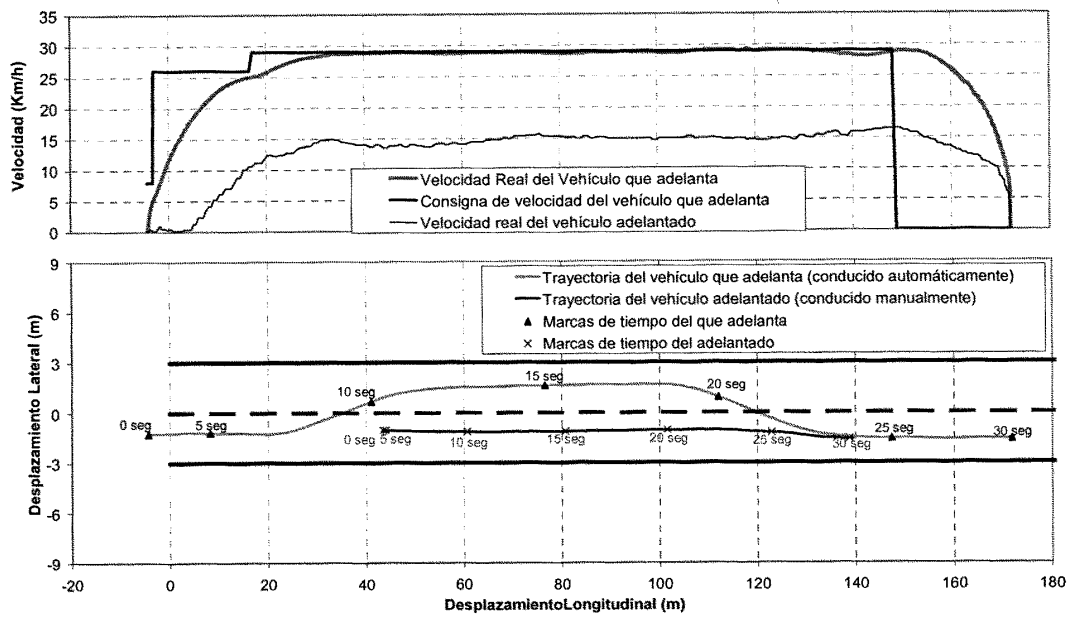


Figura 2

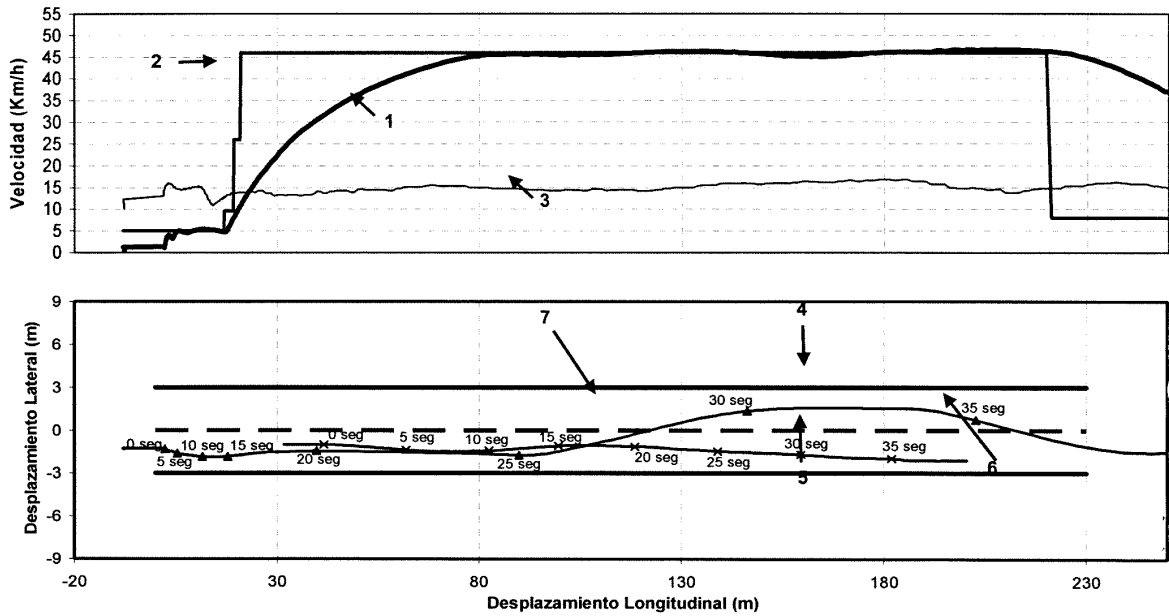


Figura 3

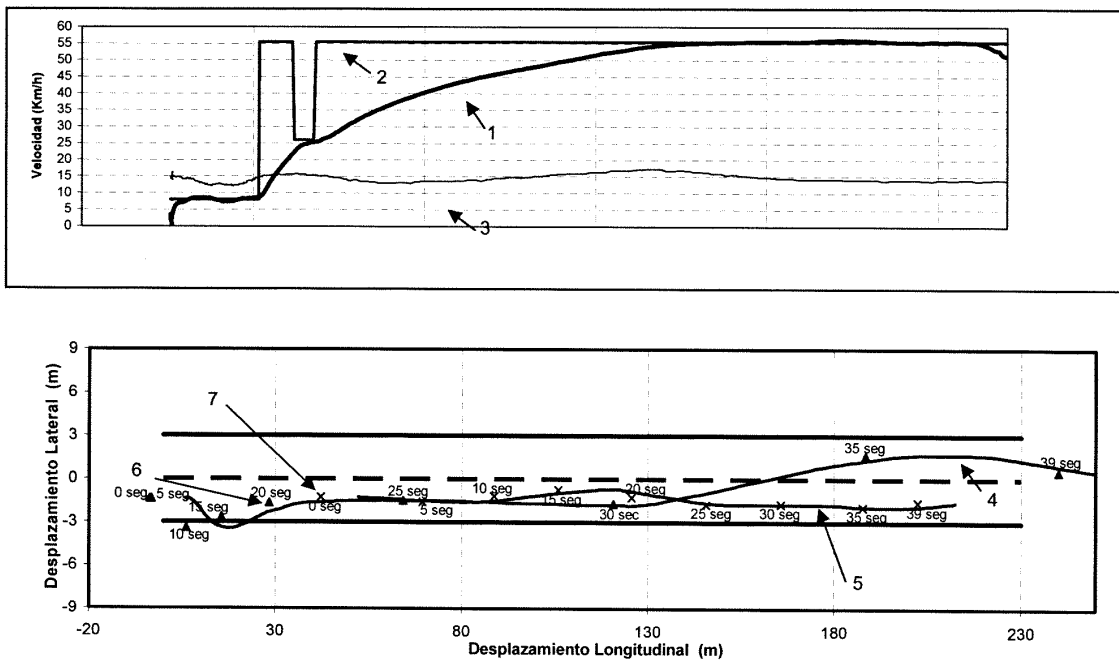


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 334 188

② Nº de solicitud: 200700687

③ Fecha de presentación de la solicitud: **15.03.2007**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **B60K 31/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	NARANJO, J.E. et al., Using Fuzzy Logic in Automated Vehicle Control. Intelligent Systems, IEEE, Volumen 22, Issue 1, En.-Feb. 2007 páginas 36 a 45, Digital Object Identifier 10.1109/MIS.2007.18.	1-3
X	US 2005004744 A1 (DIECKMANN, P. et al.) 06.01.2005, reivindicaciones 1-23.	1-3
A	US 2003173127 A1 (NOECKER et al.) 18.09.2003, todo el documento.	1-3

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

16.02.2010

Examinador

A. Catalina Gallego

Página

1/1