

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 024**

21 Número de solicitud: 201731392

51 Int. Cl.:

G05D 1/00 (2006.01)

G08G 1/16 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

07.12.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.06.2019

71 Solicitantes:

**CARBUERES DEFENSE S.A.U (100.0%)
Calle Juan Olivert, 24 Polígono Aerópolis
41309 La Rinconada (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**CAMARGO OLIVARES , José Luis;
ESCALANTE ESCALANTE, Ana;
GARCIA RODRÍGUEZ , Jose Antonio;
GUTIERREZ RIZO , Manuel;
RIVAS RIVAS , Sergio y
RUBIO DIAZ, Blanca**

54 Título: **PLATAFORMA DE DESARROLLO PARA APLICACIONES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA**

57 Resumen:

Sistema arbitrador colaborativo para conducción autónoma que permite obtener la mejor trayectoria (32, 33) en función de los inputs internos del vehículo (12, 15, 18) y las entradas de otros vehículos (21), que se encuentran en un radio cercano. El objeto de la invención se centra en la incorporación de una entrada al sistema (5, 21, 27) que permite tener en cuenta la información de otros vehículos y elementos externos, tales como peatones, cámaras de tráfico y señales de tráfico, para situaciones de máxima criticidad en las que el tiempo de detención del vehículo debe ser el mínimo posible. Dicho intercambio de información se realizará mediante servicios WEB (22), con objeto de facilitar la interoperabilidad de los vehículos no tripulados y los sistemas de monitorización.

ES 2 716 024 A1

DESCRIPCIÓN

PLATAFORMA DE DESARROLLO PARA APLICACIONES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se enmarca dentro del sector de las telecomunicaciones,
10 tecnologías de la información y robótica. Más específicamente, la invención se centra
dentro del área de los vehículos terrestres no tripulados.

El objeto de la invención se centra en un sistema arbitrador (31) implementado sobre
ordenador (6) para UGVs (vehículo terrestre no tripulado) que, a partir de entradas
15 externas (21), proporcionadas por otros vehículos y elementos externos, permite tomar
la mejor decisión de navegación del vehículo, contando así no sólo con los sensores del
mismo (12, 15, 18) sino con los de otros vehículos (21), aumentando así su alcance de
percepción.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20

En los últimos años, la tecnología de vehículos no tripulados ha experimentado un gran
auge en todas sus disciplinas (aérea, terrestre y marítima). Tal es el avance, que la SAE
ha hecho una clasificación del grado de autonomía con objeto de estandarizar los
niveles de autonomía de los vehículos. Según la SAE J3016, el grado de autonomía de
25 un vehículo se incluye dentro de una de las siguientes categorías:

- Nivel 0. El coche no tiene ningún sistema automatizado que le permita tomar el control, solo tiene sistemas que emiten advertencias.
- Nivel 1. En este nivel los coches incluyen sistemas como el control de cruce o la tecnología para mantener el coche en el carril.
- 30 - Nivel 2. Aquí el vehículo puede denominarse semiautónomo. El conductor debe permanecer en alerta por si en algún momento debe tomar el control del coche, ya que éste puede no responder adecuadamente.
- Nivel 3. Los vehículos pueden circular de forma autónoma en entornos controlados, como autopistas. No obstante, el conductor debe estar atento antes
35 cualquier incidencia.

- Nivel 4. Los coches autónomos pueden funcionar de forma autónoma, sin necesidad de supervisión del conductor, en áreas acotadas, donde el coche disponga de suficiente información para no depender del conductor.
- Nivel 5. Aquí se engloban los coches 100% autónomos, es decir, pueden circular por cualquier carretera o ciudad sin ser humano al frente.

5

Centrando el estudio de antecedentes en los niveles del 2 al 5, son numerosas las invenciones relacionadas con vehículos no tripulados, no obstante, éstas se reducen al hablar de sistemas colaborativos y de intercambio de información entre vehículos no tripulados.

10 La patente ES2366513B1 “Sistema y método para la localización y comunicación de alertas para tráfico” se centra en una infraestructura para la transmisión de señales de alertas entre dicha infraestructura y el vehículo. No obstante, no describe cómo debe actuar el vehículo, ni si éste es autónomo, pues esta decisión se deja a merced del conductor.

15 La patente ES2526889T3 “Aparato de control de vehículo operativo autónomo sin personal” se centra en un vehículo eléctrico sin personal para realizar determinadas operaciones. Esta patente describe como calcular trayectorias y volver a su posición de inicio, pero no tiene en cuenta el arbitrador como un elemento de toma de decisiones y además trata la invención como un único vehículo.

20 La patente ES1069495U “Vehículo autónomo para la limpieza de placas solares” se centra sobre todo en la utilidad del mismo y no en el sistema de conducción autónoma y su interacción con otros vehículos.

La patente ES2374974T3 “sistema y método para el posicionamiento relativo de un vehículo autónomo” se centra en un sistema de posicionamiento para este tipo de vehículos, pero no en el sistema de conducción autónoma ni en el intercambio de información con otros vehículos y la toma de decisiones con respecto a éstos.

25

La patente “Procedimiento para la conducción autónoma en un túnel de lavado y automóvil correspondiente” se puede englobar en el nivel 2, no obstante, su alcance es muy reducido y en ningún caso requiere de colaboración de otros vehículos.

30 La patente ES2558607 “Procedimiento de funcionamiento de un sistema de seguridad de un vehículo automóvil” se centra en un sistema de seguridad del vehículo para realizar una parada de emergencia de forma autónoma. Este sistema se centra en la navegación del vehículo hasta su detención, sin tener en cuenta las entradas proporcionadas por otros vehículos.

35 La patente US7499776 “Systems and methods for control of an unmanned ground

vehicle” se centra en el control y actuación de los mecanismos para automatizar un vehículo más que en el método de conducción autónoma y la toma de decisiones.

La patente US8396611 “Autonomous behaviors for a remote vehicle” detalla cómo mejorar la eficiencia de un vehículo remoto a través de un novedoso método de análisis de datos recibidos a través de los sensores. Si bien el sistema propuesto incluye un arbitrador, el método sólo tiene en cuenta los propios sensores del vehículo.

La patente US9475193 “Unmanned Ground Vehicle Stability Control” se centra en un método para proporcionar al Sistema robótico de una estabilidad que impida el vuelco del mismo. Este sistema se centra en la seguridad del vehículo, pero obvia la conducción autónoma y la toma de decisiones en base a ésta.

La patente US2005/2005/0216182 “Vehicle routing and path planning” se enfoca en un método para el cálculo de un conjunto de puntos de navegación a ser seguidos por el vehículo. Si bien en esta invención se tiene en cuenta un escenario con múltiples vehículos, sólo se centra en el cálculo de los puntos de navegación, y no se tiene en cuenta en la toma de decisiones del arbitrador la información de sensores de otros vehículos.

La patente US2007/0156286 “Autonomous mobile robot” se centra en un robot con brazo y un sistema de visión estéreo. Además, incluye un método para el sistema de conducción autónoma que cuenta con un arbitrador para la toma de decisiones. No obstante, este arbitrador sólo tiene en cuenta los sensores internos del vehículo.

La patente US7499744 “System and method for processing safety signals in autonomous vehicle” se centra en definir un Sistema y un método para el procesamiento de las señales de seguridad generadas por el vehículo. No obstante, no tiene en cuenta las señales generadas externamente.

Por otra parte, la publicación “A Navigation and Decision Making Architecture for Unmanned Ground Vehicle”, de J. Giesbrecht, J. Collier, G. Broten, S. Monckton y D. Mackay, describe un método de un sistema de conducción autónoma y un sistema de toma de decisiones. El arbitrador descrito tiene en cuenta todos los sensores del vehículo, pero no los de otros posibles vehículos.

En la publicación “A practical framework for formation planning and control of multiple unmanned ground vehicles”, de Yongxing Hao, se describe cómo calcular las trayectorias para varios vehículos, pero no un arbitrador con entrada externa.

Analizando los antecedentes descritos, se observa que son múltiples los proyectos relaciones con vehículos no tripulados, no obstante, éstos se reducen si nos referimos a vehículos colaborativos, detectando dos áreas de mejoras principalmente, una

relacionada con la toma de decisiones, y la otra con las interfaces de comunicación.

Con respecto a la toma de decisiones. Son múltiples las referencias, no obstante, no se han encontrado referencias de métodos que tengan en cuenta una entrada externa al vehículo, proveniente de otro vehículo, y que la considere como una entrada para tomar una decisión.

Por otro lado, las interfaces definidas para el intercambio de datos son interfaces concretas de cada aplicación, el método aquí propuesto define una interfaz basada en Servicios Web que es fácilmente integrable con otros sistemas y tecnologías móviles.

10 **EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

El sistema objeto de la invención consta de un hardware de procesamiento de datos (6) con una interfaz de datos de entrada (22), una interfaz de datos de salida (36) y una estructura multihilo para aplicaciones multiprocesos, que otorga un mayor paralelismo y menor tiempo de carga a los algoritmos utilizados. Sobre este hardware se implementa un método arbitrador (31) que en base a los inputs de los sistemas internos (12, 15, 18) y externos (21), toma una decisión que da por resultado un radio de giro (33) y una velocidad (32). Esta decisión pasa posteriormente por un algoritmo de seguridad (34) que decide si la operación puede ejecutarse sin riesgo, y transforma las consignas de velocidad y radio en operaciones con el vehículo (35).

El módulo arbitrador (31) maneja toda la información generada tanto por el vehículo (25,28, 29, 30) como por otros vehículos (27). En base a esta información se plantea un objetivo. La forma de alcanzar dicho objetivo es actuar sobre la velocidad (32) y/o la dirección del vehículo (33), por lo que se precisa un mecanismo de conjugación (31) de las salidas de estos módulos para dar lugar a una única actuación sobre la dirección, el acelerador y/o el freno del vehículo (35), que son los actuadores del vehículo.

El módulo arbitrador (31) implementa esta lógica de combinación de comportamientos. Sus entradas corresponden al voto que publica como salida cada módulo de comportamiento (25, 27, 28, 29, 30), que tiene forma de estructura (ArcVote) con el siguiente contenido:

1. Campo curvatura. Valor flotante que se refiere al radio de giro calculado por el módulo de entrada.
2. Campo deseo. Valor flotante que se refiere a la preferencia deseada del arco.
3. Campo velocidad. Valor flotante que se refiere a la velocidad deseada para el

arco.

4. Campo veto. Valor booleano que se refiere a si se puede vetar o no.

De esta forma, cada módulo con entrada al arbitrador (25, 27, 28, 29, 30) se expresa
5 respecto a las distintas trayectorias que puede seguir el vehículo en un momento dado. Cada una de estas trayectorias corresponde a un arco de circunferencia con una curvatura (33), y los algoritmos pueden vetarlo o expresar su grado de preferencia por él (d_i), así como la máxima velocidad admitida (32).

De manera adicional, los módulos de comportamiento tendrán un peso asociado (w_i) en
10 función de la relevancia que tengan en el desempeño del vehículo, que será empleado por el arbitrador junto con los votos recibidos para tomar la decisión final.

A continuación, se describe el método seguido por el arbitrador para la toma de decisiones.

Como entrada se tiene una estructura de tipo ArcVote (37) por cada módulo que
15 participa en la votación. Cada módulo que emite un voto provoca un evento (38) que lanza el arbitrador.

Posteriormente se ejecuta la actualización (39) de los votos. Puesto que cada módulo de comportamiento (25, 27, 28, 29, 30) tendrá un tiempo de ejecución particular, el arbitrador tiene en cuenta la antigüedad de los votos recibidos para tomar una decisión
20 acorde con los acontecimientos más recientes. Así, se procede a modificar el peso asignado a priori a cada módulo de comportamiento (w_i) mediante un factor de multiplicación (p_i) que varía entre 0 y 1 en función del tiempo transcurrido desde que se recibió, y el tiempo de ejecución del algoritmo. Esta variación no será lineal, sino que p_i se mantendrá a 1 durante un porcentaje determinado del tiempo de ejecución del
25 algoritmo para mantener el peso máximo del voto en los instantes posteriores a su emisión; superado este tiempo, p_i se disminuirá de forma lineal hasta valer 0.

El siguiente paso (40) es recorrer la lista de votos emitidos por todos los módulos.

Una vez obtenidos todos los votos es necesario comprobar (41) si el arco actual está vetado ($v_i = 1$) o no ($v_i = 0$) por el voto que se está tratando (42), o si ha sido vetado
30 anteriormente por alguno de los votos tratados. Esta operación se repetirá tantas veces como módulos con capacidad de voto haya.

Si el arco no está vetado, se calcula una puntuación d_{c_j} (43) mediante la siguiente fórmula:

$$d_{c_j} = \frac{\sum_0^b p_i w_i d_i}{\sum_0^b p_i w_i},$$

35

Siendo b el número de módulos que participan en la votación según el modo de funcionamiento y el entorno.

Posteriormente el arbitrador realiza el recuento (46) de los votos recibidos para cada uno de los arcos de circunferencia, con el objetivo de decidir el valor final de dirección del vehículo, que corresponderá al arco con mayor d_{c_j} .

La velocidad elegida (47) será la mínima de todas las velocidades expresadas por los distintos módulos para el arco ganador de la votación.

Finalmente, resta convertir la curvatura deseada (γ) en el giro a aplicar a las ruedas del vehículo (48). Para ello, se aplica la geometría de Ackerman (49), que proporciona la expresión para el cálculo del giro:

$$\delta = \frac{L}{R}$$

Siendo $R = \frac{1}{\gamma}$.

Como salidas de esta secuencia de pasos descritas en el arbitrador se obtendrá:

- Velocidad (32) elegida de entre todas las propuestas por los módulos de comportamiento que participan en la votación.
- Dirección (33) a aplicar al vehículo elegida a partir del arco más votado por los módulos de comportamiento que participan en la votación.

Para facilitar la comprensión del algoritmo, en la figura 5 se representan tres posibles votos recibidos por el arbitrador. El primero de ellos podría proceder del módulo PathTracking (25), y el segundo y el tercero de un par de módulos que vetaran determinados arcos por algún motivo (por ejemplo, para evitar salirse del borde del camino establecido o impactar con algún obstáculo).

Aplicando la expresión anterior, y suponiendo que todos los votos tienen la misma antigüedad, se obtiene el resultado de la figura 6.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La descripción se complementa, para una fácil comprensión, con un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- La figura 1 muestra la arquitectura hardware del sistema propuesto.

- La figura 2 representa el sistema de conducción autónoma implementado sobre la unidad de procesamiento que incluye el módulo arbitrador y la interfaz basada en servicios WEBS.
- La figura 3 representa el algoritmo ejecutado por el arbitrador.
- 5 • La figura 4 representa la conversión de Ackerman.
- La figura 5 muestra un ejemplo de los resultados emitidos por los módulos que sirven de entrada al arbitrador.
- La figura 6 muestra un ejemplo de selección por parte del arbitrador.

10 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Un ejemplo de aplicación de la invención descrita es un convoy de vehículos autónomos para transporte de mercancías. En este convoy hay un vehículo líder y el resto actúan de seguidores. En un funcionamiento normal, el vehículo líder tiene establecido un destino al que debe llegar, y el resto de vehículos siguen el trayecto realizado por el

15 vehículo líder. Supongamos que, durante el trayecto, delante del vehículo líder se produce un accidente. Esto obliga al vehículo líder a detenerse de forma brusca, poniendo en riesgo tanto al resto de vehículos que están circulando (debido a que los vehículos que lo siguen no tienen visibilidad del accidente y esto podría provocar un

20 choque en cadena) como a la mercancía que transporta. En esta situación el vehículo líder, a través de su sistema de conducción autónoma (6) genera una señal de alarma que difunde, a través del sistema de comunicación (5) al resto de vehículos que estén en su alcance. En este mensaje se incluye la posición del vehículo líder en coordenadas GPS (1,2), el obstáculo o evento detectado (20) y la actuación del mismo (32, 33). El

25 resto de vehículos, en base a su posición (1,2) y datos recibidos (21) decide qué operación debe realizar (31) y bajo qué condiciones de seguridad (34), detectando por tanto el accidente en el mismo instante de tiempo que el vehículo líder, pero disponiendo de mayor tiempo y distancia para efectuar una maniobra de seguridad (34).

30

REIVINDICACIONES

1. Sistema arbitrador colaborativo (31) implementado sobre ordenador (6) para
5 conducción autónoma que decide el arco de giro (33) y la velocidad máxima (32)
del vehículo autónomo. El sistema comprende:
 - a. Unidad de procesamiento sobre la que ejecutar el algoritmo arbitrador (37,
38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48)
 - b. Entrada para módulos internos.
 - c. Entrada para módulos externos al vehículo (21).
- 10 2. Sistema según la reivindicación anterior donde la entrada de datos al módulo
arbitrador es una entrada bus Ethernet.
- 15 3. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las entradas es un
sistema de comunicación entre vehículos (21).
4. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las fuentes de datos
externas es un peatón (5).
- 20 5. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las fuentes de datos
externas es una cámara de tráfico (5).
6. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las fuentes de datos
externas es una señal de tráfico (5).
- 25 7. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las fuentes de datos
es un sistema de comunicación (5) controlado por un centro de control de tráfico.
8. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde la interfaz de datos de
30 entradas es una interfaz basada en servicios WEBS.
9. Sistema según la reivindicación anterior donde la interfaz de datos de salida es una
interfaz bus CAN (36).
- 35 10. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las entradas es un
módulo que proporciona la posición según coordenadas GPS (17).
11. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las entradas es un

sistema de visión (20).

12. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las entradas es un sistema de detección basado en láser (20).
- 5
13. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde una de las entradas es un sistema inercial (14).
14. Sistema según las reivindicaciones anteriores donde se utiliza otro vehículo (21) como sensor del vehículo principal.
- 10
15. Sistema según la reivindicación 1 en el que el arbitrador gestiona la de detención del vehículo autónomo motivado por otro vehículo.
- 15
16. Sistema según la reivindicación 1 en el que el arbitrador gestiona el arranque del vehículo autónomo motivado por otro vehículo.
17. Sistema según la reivindicación 1 en el que el arbitrador reduce la velocidad al llegar a una curva.

20

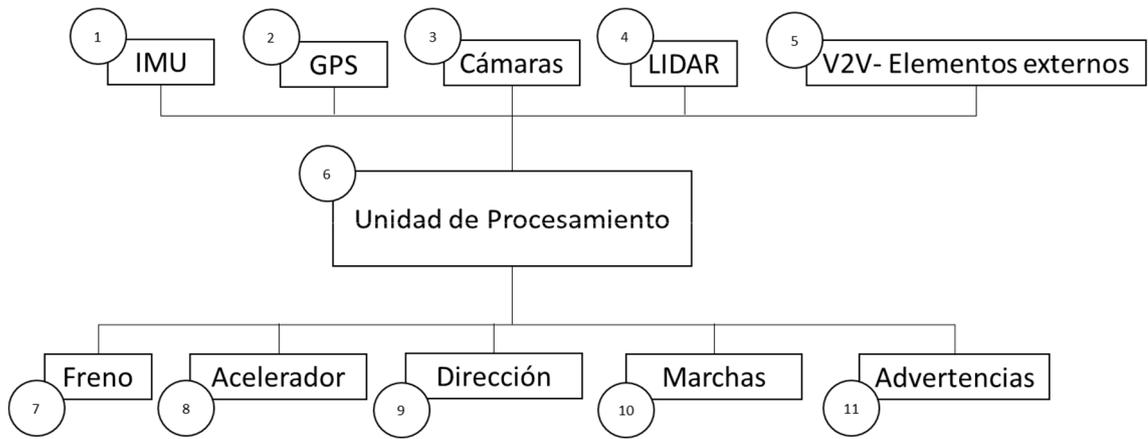


Figura 1.

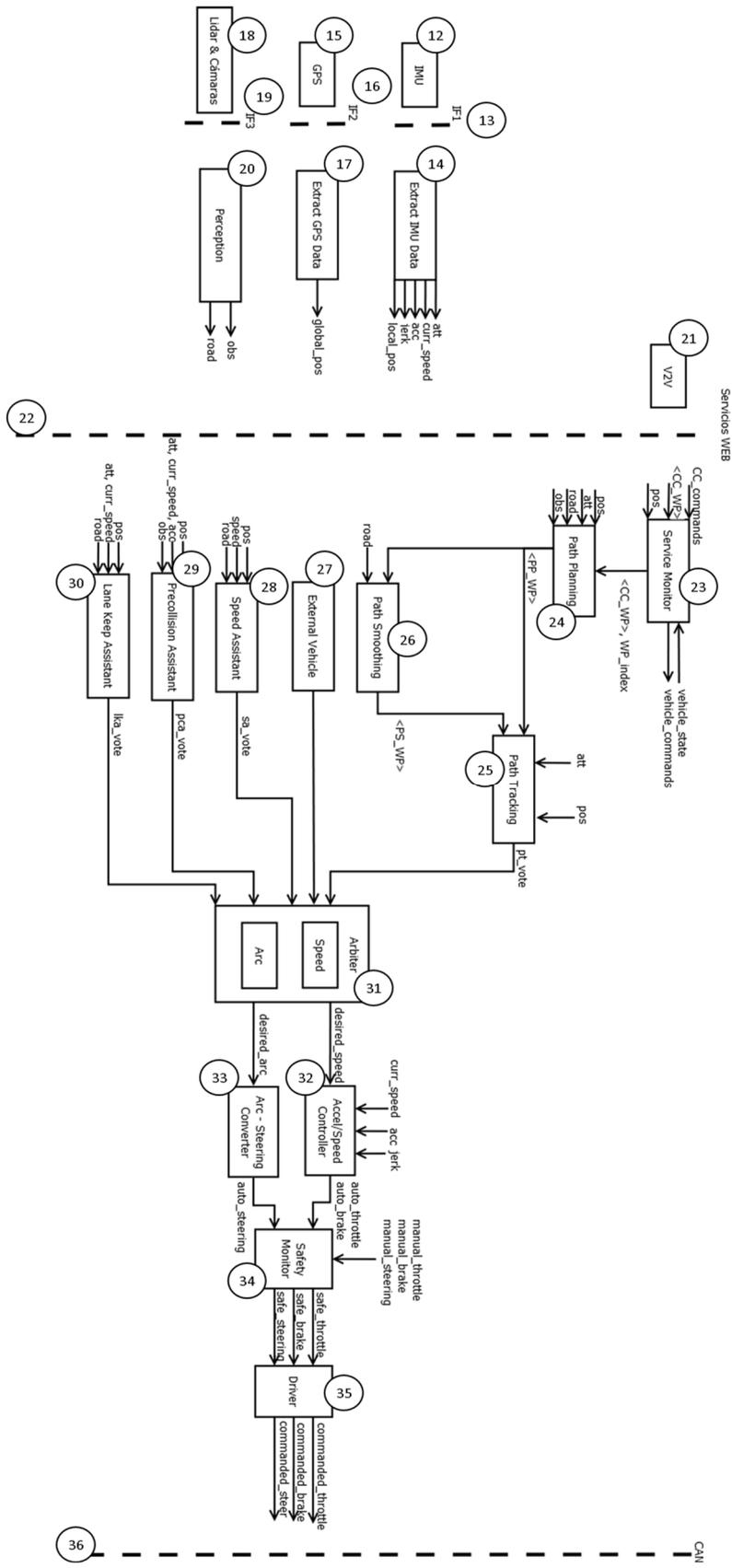


Figura 2.

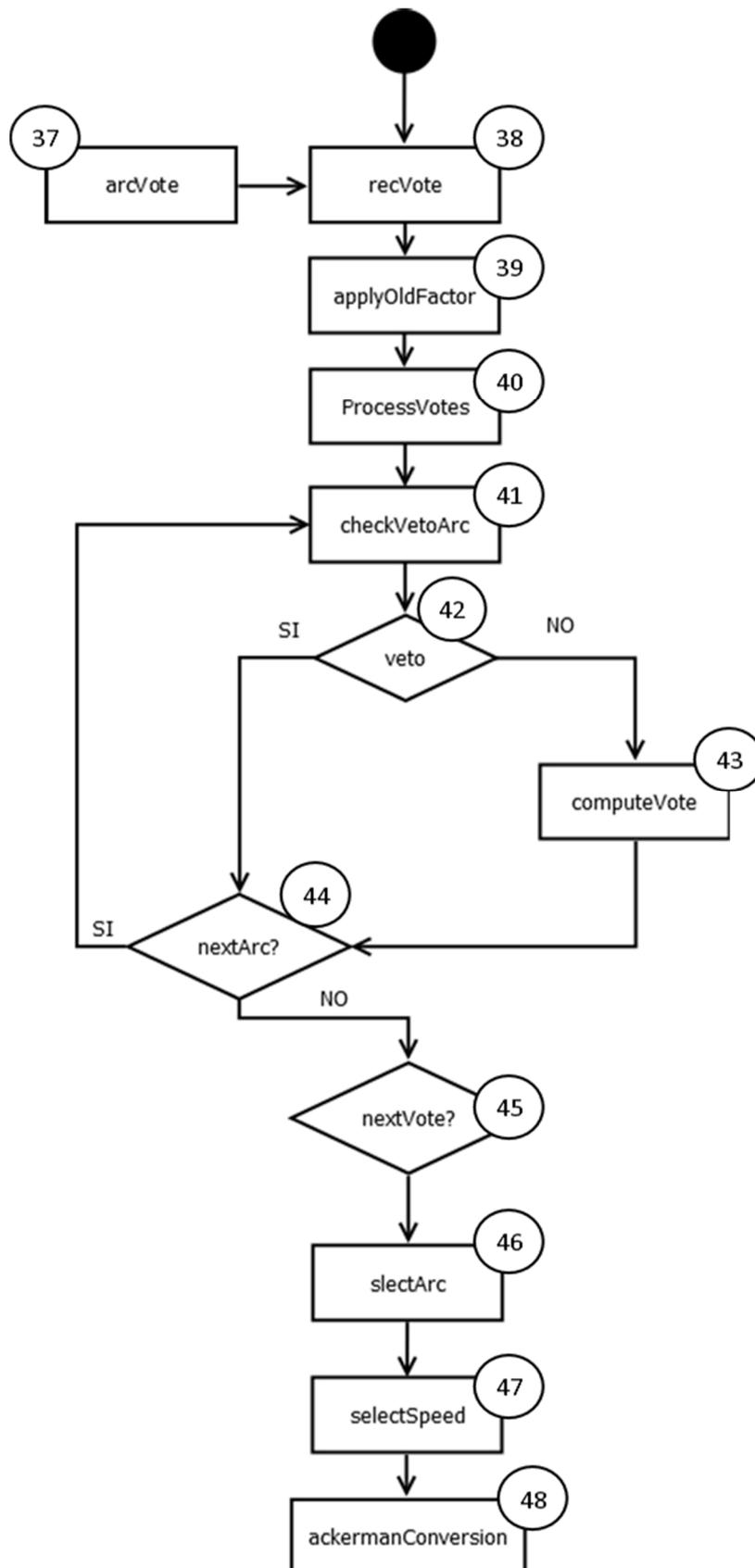


Figura 3.

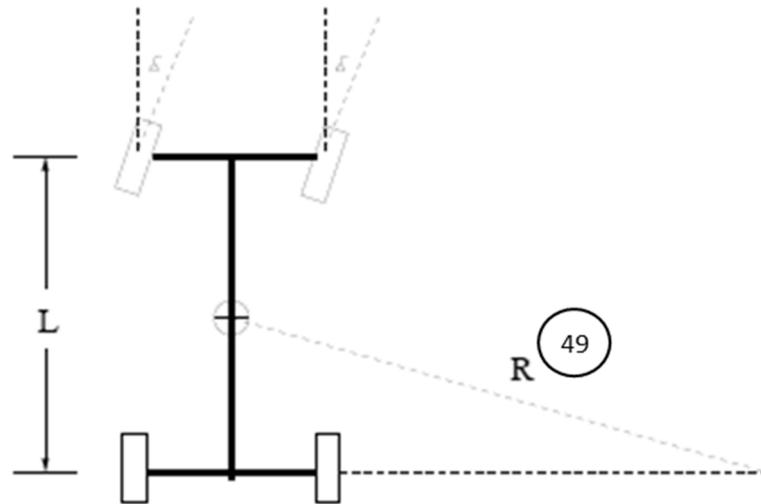


Figura 4.

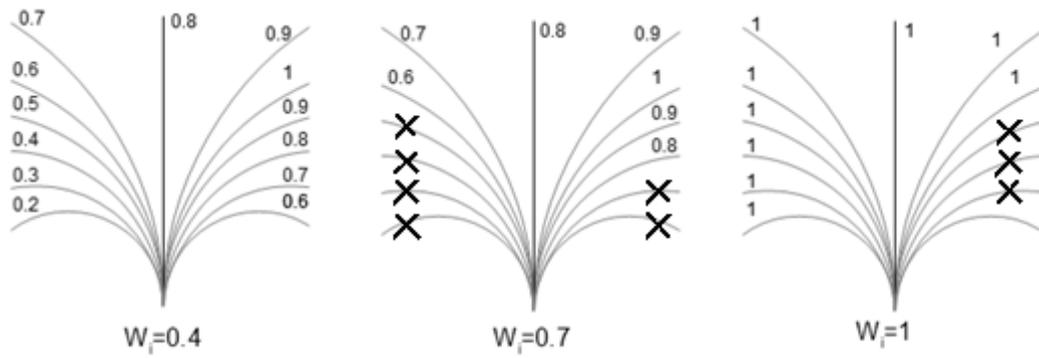


Figura 5

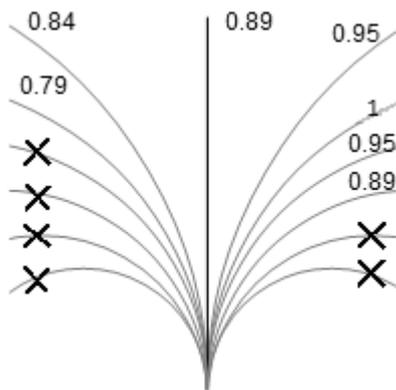


Figura 6.



- ②① N.º solicitud: 201731392
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 07.12.2017
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G05D1/00** (2006.01)
G08G1/16 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	HAO, Yongxing; "Planning and control of UGV Formations in a Dynamic Environment: A Practical Framework with Experiments" [publicado 07/05/2004], [recuperado 24/04/2018] recuperado desde: < http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.59.7294&rep=rep1&type=pdf >	1-17

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:

<p>Fecha de realización del informe 26.04.2018</p>	<p>Examinador G. Madariaga Domínguez</p>	<p>Página 1/2</p>
---	---	------------------------------

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

G05D, G08G

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

WPI, EPODOC, CiteSeer