

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 061**

51 Int. Cl.:

G01C 21/00 (2006.01)

G01C 21/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2017 E 17182421 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **04.09.2024 EP 3273201**

54 Título: **Procedimiento de cálculo de un itinerario para un vehículo todoterreno**

30 Prioridad:

21.07.2016 FR 1656955

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
10.02.2025

73 Titular/es:

**ARQUUS (100.00%)
15 bis Allée des Marronniers, Camp de Satory
78000 Versailles, FR**

72 Inventor/es:

DELOUMEAU, FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 882 061 T5

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de cálculo de un itinerario para un vehículo todoterreno

5 **[0001]** La invención se refiere a un procedimiento de cálculo de un itinerario para un vehículo todoterreno.

[0002] De manera conocida, algunos programas de software perfeccionados permiten establecer un itinerario entre un punto de salida y un punto de llegada a partir de datos cartográficos, especialmente a partir de imágenes de satélite. El software empieza por establecer una zona de franqueo, o «Geofence» en inglés, que se extiende entre el
10 punto de salida y el punto de llegada. Esta zona define todos los itinerarios posibles para ir del punto de salida al punto de llegada. Las zonas difíciles, e incluso imposibles de franquear, tales como las zonas que incluyen relieves o vegetación densa o las zonas atravesadas por ríos, se excluyen de la zona de franqueo. Una vez establecida la zona de franqueo, el software calcula un itinerario que seguirá el vehículo. Este itinerario se calcula para facilitar al máximo el paso del vehículo. Sin embargo, este itinerario no es forzosamente el más corto, ni el que presenta el menor tiempo
15 de recorrido.

[0003] Las imágenes de satélite se actualizan en promedio a una frecuencia del orden de varios días. Así, los planos establecidos a partir de imágenes de satélite no permiten identificar posibles obstáculos formados unas horas antes del paso del vehículo, tales como desprendimientos sobre la vía o el desbordamiento de un curso de agua, ni
20 tener en cuenta determinados episodios climáticos importantes, como una nevada. Además, la precisión de los planos no permite identificar obstáculos tales como un árbol caído sobre la vía. Finalmente, las imágenes de satélite no permiten determinar con precisión las cualidades de capacidad de carga y de adherencia. A menudo, estas cualidades se estiman a partir de las indicaciones pluviométricas en la zona en cuestión.

[0004] Esta falta de precisión de los datos cartográficos puede tener como efecto que el vehículo se encuentre frente a un obstáculo que no se tuvo en cuenta durante el establecimiento del itinerario. El vehículo debe entonces maniobrar, y a veces dar media vuelta, para rodear este obstáculo. Sin embargo, este tipo de maniobra puede revelarse delicado para determinados tipos de vehículos según su capacidad de maniobrabilidad. La maniobra se
complica aún más cuando el itinerario es seguido por un convoy de vehículos.

[0005] Para paliar estos inconvenientes, una solución consiste en equipar el vehículo con detectores de presencia para la detección de obstáculos. Sin embargo, el alcance de estos detectores está limitado a menudo por las máscaras naturales formadas por el terreno (relieves), lo que no permite anticipar suficientemente el obstáculo. Entonces el obstáculo se detecta en el último momento. Así, no pueden evitarse las maniobras de media vuelta citadas
35 anteriormente.

[0006] Otra solución consiste en realizar in situ comprobaciones previas sobre la topografía del terreno (presencia de un curso de agua, un barranco, etc.), así como ensayos penetrométricos en todos los terrenos atravesados por el itinerario. Sin embargo, esto obliga a movilizar a muchos operadores, lo que resulta largo, costoso
40 e inadaptado para zonas de riesgo.

[0007] El uso de un vehículo de reconocimiento es conocido de por sí, especialmente a partir del documento CN-A-105 282 517, donde se usa un dron para ayudar a los bomberos en una zona incendiada. El dron está equipado con medios que permiten vigilar la propagación del incendio, lo que permite evitar que los bomberos se encuentren rodeados por las llamas. Por otra parte, el documento US-A-2014 263 822 describe el uso de un dron para la agricultura. Este dron está equipado con medios de medida con los que es posible estimar el contenido de agua de las tierras agrícolas. El dron permite así realizar un repertorio de las zonas más húmedas, y las zonas más áridas que necesitan más irrigación.

[0008] Sin embargo, ninguno de estos dos documentos describe el uso de un dron para facilitar el paso de un vehículo todoterreno.

[0009] La publicación científica de Redouane Boumghar y col., cuyo título es: «An Information-Driven Navigation Strategy for Autonomous Navigation in Unknown Environments», Proceedings of the 2011 IEEE
55 International Symposium on Safety, Security and Rescue Robotics, Kioto, Japón, propone un procedimiento donde se usa un dron para realizar el reconocimiento del terreno de manera avanzada con respecto a un vehículo autónomo. En este documento, el dron está equipado con medios de medida a bordo que le permiten detectar la presencia de un obstáculo en la trayectoria del vehículo. Llegado el caso, se calcula una nueva trayectoria para evitar el obstáculo.

[0010] El procedimiento presentado en este documento no tiene en cuenta la naturaleza del obstáculo. Así, la trayectoria se modifica incluso si el vehículo estaba a priori en condiciones de franquear el obstáculo, lo que genera potencialmente una pérdida de tiempo y un aumento del tiempo de trayecto.

[0011] Son estos los inconvenientes que pretende remediar en particular la invención al proponer un nuevo
65 procedimiento de cálculo de un itinerario para un vehículo todoterreno, que permite modificar el itinerario de forma

más inteligente según la naturaleza del o de los obstáculos detectados en el paso del vehículo y por tanto no aumentar inútilmente el tiempo de trayecto.

5 **[0012]** Para este fin, la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1.

[0013] Gracias a la invención, el vehículo de reconocimiento que antecede al vehículo todoterreno puede detectar la presencia de un obstáculo en el itinerario del vehículo todoterreno que no había sido identificado durante el establecimiento del itinerario a partir de datos cartográficos o que era demasiado pequeño para ser visible a partir de imágenes de satélite. Además, los detectores a bordo en el vehículo de reconocimiento permiten determinar con más precisión las propiedades del terreno (capacidad de carga, adherencia...) tomado por el itinerario. Así es posible prever las dificultades de franqueo para el vehículo en determinados lugares del itinerario. Tal es el caso, por ejemplo, cuando el vehículo es pesado y el suelo es blando, o incluso cuando la unión entre chasis-suelo del vehículo no está adaptada para suelos poco adherentes, como los suelos nevados. Para ello se modifica el itinerario del vehículo para llegar hasta el punto de llegada. Este procedimiento de actualización del itinerario puede reiterarse el número de veces que sea necesario según el número de obstáculos identificados por el vehículo de reconocimiento.

[0014] Según aspectos ventajosos, pero no obligatorios de la invención, el procedimiento de cálculo de itinerario puede incluir una o varias de las características siguientes, tomadas en cualquier combinación técnicamente admisible:

- Durante la etapa c), el ordenador se usa para determinar si el vehículo tiene capacidades de franqueo suficientes para seguir el itinerario con una velocidad de franqueo superior o igual a un valor de velocidad umbral o con diferentes velocidades de franqueo superiores o iguales a al menos un valor de velocidad umbral (el ordenador define las velocidades de referencia de franqueo) y, por omisión, para establecer un nuevo itinerario hasta el punto de llegada a partir de datos cartográficos y/o de valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno.
- Durante la etapa a), los datos cartográficos y/o al menos un trazado de itinerario conocido se usan para determinar diferentes velocidades de paso del vehículo a lo largo del itinerario.
- Se determinan varios valores de velocidad umbral a lo largo del itinerario y cada valor de velocidad umbral es sustancialmente igual a una velocidad de paso determinada en la etapa a).
- Durante la etapa c), el ordenador se usa para determinar si el vehículo tiene capacidades de franqueo suficientes para seguir el itinerario con velocidades de franqueo superiores o iguales a las diferentes velocidades de paso del vehículo determinadas a partir de datos cartográficos y/o al menos un trazado de itinerario conocido.
- El vehículo todoterreno está equipado asimismo con medios de medida a bordo, usados para comparar los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno con la traficabilidad real del terreno.
- Durante la etapa c), los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno se ponderan con un coeficiente corrector, calculado para afinar la diferencia entre los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno y otros valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno calculados a partir de las medidas efectuadas por los medios de medida a bordo en el vehículo todoterreno.
- El coeficiente corrector se calcula a partir de datos extraídos en al menos una o varias decenas de trayectos con el fin de corregir las medidas del vehículo de reconocimiento gracias a una recuperación de las experiencias de trayectos anteriores.
- El vehículo de reconocimiento no tripulado es un dron.
- El ordenador está fuera del vehículo todoterreno y transmite el nuevo itinerario a un sistema de GPS (Global Positioning System) a bordo en el vehículo.
- El vehículo todoterreno se desplaza de manera autónoma.
- En la etapa a), el itinerario se establece a partir de datos cartográficos y/o al menos un trazado de itinerario conocido.
- En la etapa a), el itinerario se establece a partir de puntos de encaminamiento definidos por un usuario.
- El itinerario establecido en la etapa a) es una recta que une el punto de salida y el punto de llegada.
- Los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno incluyen características morfológicas del terreno, como, por ejemplo, el contenido de arcilla, el contenido de agua o la composición del suelo y/o características geométricas del terreno, como, por ejemplo, los relieves, los obstáculos o la granulometría y/o propiedades mecánicas del terreno, como, por ejemplo, la capacidad de carga o la adherencia.
- El vehículo de reconocimiento está equipado con medios de medida a bordo, que comprenden al menos los tres elementos siguientes: una cámara hiperespectral para determinar el tipo de vegetación en el suelo, un Lidar para detectar los relieves y un georradar para evaluar la compacidad del suelo y el cono de índice (CI).

[0015] La invención y otras ventajas de la misma aparecerán más claramente a partir de la descripción que se ofrece a continuación de una realización de un procedimiento de cálculo de un itinerario según su principio, dada únicamente a modo de ejemplo y hecha en referencia a las figuras anexas donde:

- La figura 1 es un esquema que representa el itinerario inicial de un vehículo todoterreno E y la trayectoria real del vehículo E según los obstáculos O detectados por un vehículo de reconocimiento D que antecede al vehículo todoterreno E en todo el itinerario, y
- La figura 2 es un diagrama que representa las diferentes etapas del procedimiento de cálculo de itinerario según la

invención.

[0016] El vehículo todoterreno E es capaz de desplazarse en cualquier tipo de terreno (carretera, pista, fango, arena, nieve...). Puede tratarse de un vehículo terrestre a motor (VTM) como un vehículo contra incendios, un vehículo de emergencia (bomberos), un vehículo militar, un vehículo de obras o un camión pesado. También puede tratarse de una aeronave durante las fases de rodadura, aterrizaje y despegue.

[0017] El vehículo E puede ser autónomo. En este caso, el vehículo E se desplaza automáticamente sin intervención humana. Como variante, el vehículo puede ser pilotado por un conductor a bordo o controlado a distancia.
10 En el caso de un vehículo con conductor, el itinerario es simplemente un itinerario recomendado al conductor para acceder al punto de llegada.

[0018] La invención se aplica también a un vehículo perteneciente a un convoy de vehículos todoterreno, especialmente al primer vehículo del convoy, de manera que cada uno de los demás vehículos sigue al vehículo que va delante.
15

[0019] El procedimiento de cálculo de itinerario según la invención comprende una primera etapa que consiste en establecer un itinerario I1 que debe seguir el vehículo E para ir de un punto de salida A a un punto de llegada B.

20 **[0020]** Durante una etapa 100, el software empieza por determinar una zona de franqueo G, denominada habitualmente «Geofence» en inglés, que engloba todas las trayectorias posibles que puede tomar el vehículo E para ir del punto A al punto B sin dificultad. Las trayectorias fuera de esta zona G son así las trayectorias que no pueden ser seguidas por el vehículo E, al menos no en un plazo de tiempo razonable.

25 **[0021]** Una vez que se ha establecido la zona de franqueo G, el software calcula, durante una etapa 102, el itinerario I1 según el tipo de vehículo y de los criterios de rendimiento deseados. Por ejemplo, el itinerario elegido I1 puede ser el itinerario con menor riesgo de franqueo, lo que ofrece la ventaja de limitar el riesgo de desperfectos. El itinerario elegido I1 puede ser también el itinerario con menor tiempo de recorrido, especialmente adaptado a los vehículos contra incendios o a los vehículos de emergencia (bomberos). También puede plantearse calcular un
30 itinerario I1 con menores exigencias, o sacudidas, especialmente para los vehículos de transporte de productos o de equipos sensibles.

[0022] El itinerario I1 se establece por medio de un software dedicado implementado en un ordenador no representado. El ordenador puede estar a bordo o no en el vehículo E. En el caso en que el ordenador no está a bordo
35 en el vehículo E, el ordenador puede ser compartido por varios vehículos y comunica el itinerario que debe seguir al sistema GPS de cada uno, por ejemplo, por vía herciana.

[0023] En la figura, 1 el itinerario I1 se representa mediante la curva en trazo discontinuo.

40 **[0024]** El itinerario I1 puede obtenerse también determinando puntos intermedios de encaminamiento («waypoints» en inglés)

[0025] El itinerario se establece esencialmente a partir de datos cartográficos. Se habla de un análisis de terreno de nivel 1. Estos datos cartográficos permiten referenciar, entre otros, las carreteras, las construcciones
45 humanas, los relieves, la vegetación y los cursos de agua. Incluyen en particular:

- imágenes de satélite del tipo QUICKBIRD, LANDSAT o MODIS (radiómetro espectral para imágenes de resolución media),
- cartografías preestablecidas, e
- 50 - imágenes tomadas por aviones o drones de altitud elevada.

[0026] Como variante, el itinerario I1 puede establecerse a partir de una baliza móvil de geolocalización llevada por otro vehículo o por una persona. Tal es el caso especialmente en que es preciso guiar un vehículo en un trayecto ya efectuado anteriormente, es decir, que se sirve de un trazado anterior en la misma zona. El vehículo puede así
55 seguir el mismo itinerario que un vehículo anterior para ir de un mismo punto de salida A a un mismo punto de llegada B. Los datos suministrados por una o varias balizas de geolocalización y los datos cartográficos podrán usarse también de manera complementaria.

[0027] Ventajosamente, el ordenador establece además velocidades de paso en cada zona atravesada por el
60 itinerario. Cuando el vehículo es conducido por un conductor, estas velocidades de paso son simplemente velocidades recomendadas. Por el contrario, en el caso de un vehículo autónomo, la velocidad del vehículo se ajusta automáticamente según el terreno tomado a lo largo del itinerario. Efectivamente, el vehículo no irá tan deprisa en una pista forestal nevada como en una carretera, por ejemplo. En el ejemplo, las diferentes velocidades de paso del vehículo E a lo largo del itinerario I1 son determinadas a partir de datos cartográficos y/o al menos un trazado de
65 itinerario conocido.

[0028] Es posible efectuar otros reglajes automáticamente en el vehículo según las condiciones del terreno. En particular puede tratarse de:

- 5 - la marcha de la caja de cambios,
- la relación de transmisión,
- el bloqueo selectivo de los diferenciales del puente delantero y/o trasero (engranaje de los puentes),
- la presión de los neumáticos (mediante un sistema de inflado a distancia de tipo «Central Tire Inflation System» (CTIS)), etc.

10

[0029] Durante todo el trayecto entre el punto A y el punto B, el vehículo E es antecedido por un vehículo de reconocimiento no tripulado de tipo autónomo o de tipo controlado a distancia. Si el vehículo de reconocimiento es de tipo autónomo, se desplaza automáticamente sin intervención humana. En el ejemplo, el vehículo de reconocimiento es un dron D pero, como variante, puede imaginarse un vehículo de reconocimiento en forma de vehículo terrestre de motor. En este último caso, el vehículo de reconocimiento presenta así una alta capacidad de franqueo, es decir, puede franquear cualquier tipo de suelo (blando, nevado, fangoso, etc.) sin dificultades, comparado con el vehículo E. Por ejemplo, puede preverse que este vehículo de reconocimiento terrestre sea muy ligero.

15

[0030] La ventaja de usar un vehículo de reconocimiento tal como un dron reside en que, a diferencia de un vehículo terrestre, el alcance de los medios de medida a bordo en el dron se ve poco o nada limitado por los relieves del terreno (máscaras naturales).

20

[0031] La distancia d que separa el vehículo de reconocimiento D y el vehículo E puede parametrizarse: depende de la velocidad de avance del vehículo y del tiempo de cálculo de itinerario. Preferentemente, es de al menos 150 m, lo que corresponde a un tiempo de retardo para el vehículo de al menos 18 segundos, considerando que este último evoluciona a menos de 60 km/h.

25

[0032] En el ejemplo es de 300 m, lo que corresponde a un tiempo de retardo para el vehículo de 36 s, considerando que este último evoluciona a 30 km/h.

30

[0033] El vehículo de reconocimiento D está provisto de una baliza GPS (Global Positioning System) y de medios de comunicación con el vehículo E. Ventajosamente, estos medios de comunicación incluyen un emisor de ondas hercianas.

35

[0034] El vehículo de reconocimiento D está equipado con medios de medida a bordo, que comprenden al menos los tres elementos siguientes:

- una cámara hiperespectral,
- un Lidar,
- 40 - un georradar,

40

[0035] La cámara hiperespectral se usa para determinar el tipo de vegetación del suelo, el Lidar (radar láser) se usa para detectar los relieves y el georradar se usa para evaluar la compacidad del suelo y el cono de índice (CI).

45

[0036] Ventajosamente, los medios de medida comprenden además al menos uno de los elementos siguientes:

- un radar,
- una cámara de vídeo,
- una cámara estéreo,
- 50 - una central inercial,
- una cámara térmica, con la que es posible evaluar la temperatura del suelo e identificar zonas nevadas o heladas.

50

[0037] El alcance de estos medios de medida a bordo combinado con la capacidad de cobertura de zona del vehículo de reconocimiento permite recoger datos en un cono que se dirige con un ángulo de aproximadamente 45° con respecto a la vertical y que presenta una altura de aproximadamente 600 m de altura y una base de 1.200 m de anchura. Sin embargo, el alcance de medida puede ser diferente según el tipo de material usado. Asimismo, la precisión de los medios de medida puede adaptarse según la necesidad.

55

[0038] Ventajosamente, el vehículo de reconocimiento D se desplaza de manera que su cono de medida permanece en el eje de la trayectoria que debe seguir el vehículo E, es decir, el vehículo de reconocimiento se desplaza de manera que el eje de su cono de medida permanece sustancialmente tangente a la trayectoria prevista.

60

[0039] Los datos M recogidos, durante una etapa 200, por los medios de medida a bordo en el vehículo de reconocimiento D son transmitidos en tiempo real al ordenador, es decir, de manera dinámica. El ordenador calcula entonces, durante una etapa 202, valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno a partir de las

65

medidas M efectuadas por el vehículo de reconocimiento D.

[0040] Los valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno se refieren a la porción de itinerario que se extiende aproximadamente 600 m situada a aproximadamente 300 m por delante del vehículo E. Estos valores de parámetros P incluyen características morfológicas del terreno (contenido de arcilla, contenido de agua, composición del suelo, etc.) y/o características geométricas del terreno (relieve, obstáculos, granulometría, etc.) y/o propiedades mecánicas del terreno (capacidad de carga, adherencia, etc.). En particular, los datos M recogidos por el vehículo de reconocimiento permiten detectar la presencia de un obstáculo O en la porción de itinerario I1, no siendo este obstáculo visible a partir de las imágenes de satélite. Se habla de un Modelo Numérico de Terreno Dinámico (MNT-D) que corresponde a un análisis de terreno de nivel 2 (cartografía local de traficabilidad precisa). Además, si el terreno es una carretera, el ordenador es capaz de estimar, a partir de los valores recogidos por el vehículo de reconocimiento D, el estado del revestimiento.

[0041] Preferentemente, el modelo numérico de terreno dinámico (MNT-D) permite establecer una zona de franqueo de itinerario dinámico, o más habitualmente denominada «Geo-fence dinámica de itinerario».

[0042] En el ejemplo, el ordenador comprende una memoria donde se almacena al menos un parámetro representativo de las capacidades de franqueo C del vehículo todoterreno E según el itinerario. En particular, en la memoria del ordenador se almacena al menos uno de los parámetros siguientes:

- la naturaleza del vehículo (camión de transporte, aeronave, vehículo militar, etc.),
- el factor de masa,
- el factor de carga en la rueda,
- el factor "de crampón",
- el factor de altura libre al suelo,
- el factor de motorización,
- el factor de tracción,
- el factor de transmisión,
- el peso total en carga,
- la carga en el eje,
- el número de ejes,
- la altura libre al suelo mínima,
- el número de neumáticos por eje,
- el diámetro exterior del neumático, inflado, sin carga
- la anchura del neumático, inflado, sin carga
- la altura de la sección del neumático, inflado, sin carga,
- el factor de Corrección de Deflexión,
- la deflexión del neumático en superficie dura,
- el índice de movilidad,
- el factor de desacoplamiento,
- el factor de presión de contacto,
- el índice de cono de vehículo - un paso,
- el índice de cono de vehículo - 50 pasos,
- la presión máxima media por Maclaurin,
- la presión máxima media por Rowland,
- el tipo de motricidad (ruedas, orugas) y el número de ruedas motrices en su caso (4 x 4, 6 x 8...),
- las dimensiones del vehículo (longitud, anchura, altura, altura libre al suelo, etc.),
- el par en la rueda según la velocidad,
- las distancias entre ejes,
- las vías,
- el ángulo de ataque, el ángulo de fuga, el ángulo de apertura,
- la altura de franqueo de marcha,
- la altura de franqueo de murete estrecho,
- la profundidad máxima de vados,
- la aptitud de inclinación lateral,
- las características de las suspensiones,
- las características del guiado de los trenes.

[0043] A continuación, el ordenador compara los valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno con las capacidades C de franqueo del vehículo E y determina, durante una etapa 204, si el vehículo todoterreno E es capaz de seguir el itinerario I1, que se impone para un vehículo autónomo, pero solo se recomienda para un vehículo con conductor. Esta comparación es efectuada por un programa informático grabado previamente en el ordenador. Este programa informático tiene como parámetros de entrada los valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno y las capacidades C de franqueo del vehículo y permiten obtener en salida indicadores relativos a la capacidad del vehículo de seguir el itinerario. En particular, el programa informático está diseñado para verificar

especialmente si:

- la capacidad de carga del suelo es suficiente en comparación con el peso del vehículo,
- la geometría de los relieves (pendiente, fosos, obstáculos...) es compatible con la altura libre al suelo del vehículo, el
- 5 ángulo de ataque, el ángulo de fuga, la aptitud de inclinación lateral, etc.
- la profundidad de un curso de agua es inferior a la profundidad máxima de vados,
- el esfuerzo tractor del vehículo es suficientemente importante para escalar las diferentes cotas,
- el suelo es suficientemente adherente comparado con el tipo de motricidad, etc.

- 10 **[0044]** De manera ingeniosa, si el vehículo es capaz de seguir el itinerario I1, es decir, si no hay obstáculos de bloqueo que sea preciso rodear, el ordenador calcula la velocidad media probable V del vehículo E en la porción de itinerario que se extiende en el campo de alcance del vehículo de reconocimiento D. Esta porción de itinerario se extiende aproximadamente, en el ejemplo, 600 m a partir de la posición del vehículo de reconocimiento. El ordenador compara entonces, durante una etapa 208, la velocidad media probable V del vehículo E con un valor de velocidad
- 15 umbral S. Si esta velocidad V es superior o igual al valor de velocidad umbral S, entonces el itinerario no se modifica (I = I1), como se representa mediante la etapa 210 en la figura 2. A continuación se repite el algoritmo.

- [0045]** Ventajosamente, el valor de velocidad umbral S puede elegirse entre 5 y 20 km/h, por ejemplo, del orden de 10 km/h.

- 20 **[0046]** De manera alternativa, el valor de velocidad umbral S puede elegirse igual o sustancialmente igual a la velocidad estimada en el origen, es decir, la velocidad calculada a partir del análisis de terreno de nivel 1 para la porción de itinerario considerada. Por la expresión «sustancialmente» se entiende que puede usarse un margen de tolerancia. Por ejemplo, la velocidad de velocidad umbral S puede elegirse un 10% inferior a la velocidad de paso
- 25 calculada a partir del análisis de terreno de nivel 1. Se acepta entonces que el vehículo E circule a una velocidad ligeramente inferior a lo que se previó durante el cálculo del itinerario.

- [0047]** Por el contrario, si la velocidad media probable V del vehículo E en la porción de itinerario en cuestión es inferior al valor de velocidad umbral S, entonces se estima que el terreno atravesado por el itinerario I1 se encuentra
- 30 en un estado demasiado deficiente y que seguir este itinerario I1 prolongaría en exceso el tiempo de trayecto. Se calcula entonces un nuevo itinerario I2 (I = I2), durante una etapa 206, hasta el punto de llegada. El valor umbral S puede ser igual a la velocidad calculada en el origen con el análisis de terreno de nivel 1.

- [0048]** Como variante, el ordenador puede usarse así para determinar si el vehículo tiene capacidades de franqueo suficientes para seguir el itinerario con diferentes velocidades de franqueo superiores o iguales a al menos
- 35 un valor de velocidad umbral (el ordenador define las velocidades de referencia de franqueo) y, por omisión, para establecer un nuevo itinerario I2 hasta el punto de llegada a partir de datos cartográficos y/o de valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno.

- 40 **[0049]** Así, a lo largo del itinerario I1 se determinan varios valores de velocidad umbral S. Cada valor de velocidad umbral es sustancialmente igual a una velocidad de paso determinada a partir de datos cartográficos y/o al menos un trazado de itinerario conocido.

- [0050]** Esto significa que el ordenador se usa para determinar si el vehículo E tiene capacidades de franqueo
- 45 suficientes para seguir el itinerario I1 con al menos una velocidad de franqueo V superior o igual a al menos un valor de velocidad umbral S y, por omisión, para establecer (etapa 206) un nuevo itinerario I2 hasta el punto de llegada B a partir de datos cartográficos y/o de valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno.

- [0051]** Como el itinerario inicial I1, el nuevo itinerario I2 se calcula a partir de datos cartográficos (nivel 1) y, en su caso, a partir de valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno (nivel 2) calculados gracias a las
- 50 medidas del vehículo de reconocimiento D. De hecho, puede ordenarse al vehículo de reconocimiento D que vaya a explorar una zona no atravesada por el itinerario inicial.

- [0052]** El nuevo itinerario I2 es transmitido por el ordenador al sistema GPS (Global Positioning System) del
- 55 vehículo. En el ejemplo representado en la figura 1, el vehículo encuentra solo un obstáculo O y el itinerario solamente se recalcula una vez. Sin embargo, en la práctica, el itinerario se recalcula tantas veces como el número de obstáculos infranqueables o difícilmente franqueables que se detecten en el itinerario del vehículo E. Mediante este procedimiento, puede verse cualquier obstáculo O presente en la trayectoria del vehículo E y rodearse con facilidad (sin maniobra) mediante una actualización del itinerario.

- 60 **[0053]** Ventajosamente, el vehículo E está equipado asimismo con medios de medida a bordo. Estos medios de medida pueden comprender al menos uno de los elementos siguientes:

- una cámara térmica,
- 65 - una cámara multispectral,

- un radar láser (lídár), adaptado para emitir un haz de láser,
- un radar, adaptado para emitir ondas electromagnéticas,
- una cámara estándar.

5 **[0054]** Los medios de medida a bordo en el vehículo E pueden usarse para comparar los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno, establecidos gracias al dron D, con la traficabilidad real del terreno. Por ejemplo, la cámara a bordo en el vehículo E puede disponerse para que estime el hundimiento del vehículo E en el suelo a partir de las huellas de los neumáticos u orugas, lo que permite calcular la capacidad de carga del suelo en la base del peso del vehículo. Así es posible calcular un coeficiente corrector que se aplicará a los datos recogidos por el

10 vehículo de reconocimiento D para afinar el Modelo Numérico de Terreno Dinámico (MNT-D) establecido mediante el vehículo de reconocimiento. Este coeficiente corrector se calcula a partir de datos extraídos en una o varias decenas, e incluso en uno o varios centenares de trayectos. El coeficiente corrector tiene como finalidad corregir las medidas del vehículo de reconocimiento mediante una recuperación de las experiencias de uno o varios de los trayectos anteriores. En particular, esto permite constituir, a medida que se llevan a cabo las misiones, normalmente misiones

15 militares, una base de datos de aprendizaje. En la práctica, estos datos se usan como parámetros de entrada en algoritmos muy particulares, que pueden calificarse de algoritmos de «machine learning», lo que permite optimizar la medida de los parámetros P relativos a la traficabilidad.

[0055] Así, los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno se corrigen y se acercan más a la

20 realidad.

[0056] Los medios de medida a bordo en el vehículo también pueden usarse para la detección de obstáculos en la proximidad inmediata del vehículo E. En particular, dichos medios de medida pueden usarse en el caso en que los datos recogidos por el dron D, por ejemplo, los datos relativos a las características del terreno (compacidad,

25 capacidad de carga, adherencia, etc.), no son demasiado fiables, debido, por ejemplo, a un terreno de naturaleza muy compleja o a la presencia de una vegetación densa (bosque). Se habla de un análisis de terreno de nivel 3. El análisis de terreno de nivel 3 puede usarse también para rodear un nuevo obstáculo imprevisto, tal como un árbol caído sobre la vía, no detectado por el vehículo de reconocimiento D sin cambiar necesariamente de itinerario o para rodear o franquear un obstáculo ya detectado por el vehículo de reconocimiento D pero para el que es preciso determinar más

30 exactamente la posición determinada para permitir su rodeo o su franqueo. Por tanto, se trata de tener en cuenta el terreno de una forma muy localizada por delante o alrededor del vehículo E.

[0057] A modo de variante no representada, se calculan también la zona de franqueo G y el itinerario de origen I1, además de los datos cartográficos, según datos tácticos. Estos datos tácticos incluyen en particular indicadores

35 relativos a:

- la posición de las bases/tropas aliadas y la posición de las bases/tropas enemigas,
- los ejes de penetración,
- los disparos por fuego amigo, si existieran, y
- 40 - las líneas de contacto.

[0058] Los datos tácticos se extraen a partir de un sistema de gestión táctica o en inglés «Battle Management System» (BMS). Los datos tácticos pueden considerarse primordiales para el cálculo del itinerario. El itinerario corresponde así a un itinerario de menor riesgo táctico, es decir, a un itinerario donde el vehículo es el menos expuesto

45 a los disparos enemigos/aliados, a los campos de minas o a las emboscadas.

[0059] Según otra variante, cada uno de los parámetros de franqueo del vehículo no se almacena en memoria sino que es comunicado por el vehículo a un ordenador externo al vehículo.

50 **[0060]** Según otra variante no representada, el ordenador está a bordo del vehículo de reconocimiento D.

[0061] Según otra variante, también se tiene en cuenta el análisis de terreno de nivel 3 durante el cálculo de cada nuevo itinerario.

55 **[0062]** Según otra variante, el itinerario solo se modifica según una etapa 206 si el vehículo de reconocimiento detecta un obstáculo de bloqueo en el trayecto. Dicho de otro modo, el itinerario no es modificado siempre que el vehículo E consiga franquearlo, incluso si para ello debe adoptar una velocidad muy baja. Esto significa que la etapa 208 es opcional. Sin embargo, la velocidad del vehículo E, si este último es autónomo, se adaptará según el análisis de terreno de nivel 2, y en particular se reducirá automáticamente para franquear un obstáculo imprevisto, tal como

60 un desprendimiento o un árbol caído sobre la vía.

[0063] Según otra variante, el itinerario I1 puede ser establecido manualmente por un usuario, tal como el conductor del vehículo E. Para ello, el usuario selecciona puntos de encaminamiento, o «waypoints» en inglés, es decir, puntos de carretera que deben alcanzarse para llegar al punto de llegada B. El software puede verificar entonces

65 si el itinerario establecido por el usuario forma parte de las trayectorias incluidas en la zona de franqueo G calculada

en paralelo. Si tal es el caso, el itinerario establecido manualmente se mantiene. Por el contrario, si el itinerario establecido por el usuario no forma parte íntegramente de la zona de franqueo G, entonces se calcula un nuevo itinerario de salida I1. Debe observarse que, si no es posible establecer una zona de franqueo, es decir, si no se dispone de datos cartográficos, o al menos de datos cartográficos aprovechables en la zona en cuestión, entonces el
5 itinerario establecido manualmente por el usuario se mantiene automáticamente.

[0064] Según otra variante, en el caso en que los datos cartográficos en la zona en cuestión sean inexistentes o no aprovechables, el itinerario de salida I1 se calcula basándose en una recta que une los puntos A y B. No obstante, será posible modificar el itinerario sobre la marcha basándose en las medidas efectuadas por el vehículo de
10 reconocimiento D (análisis de terreno de nivel 2), es decir, en valores de parámetros P relativos a la traficabilidad del terreno.

[0065] Las características del modo de realización y las variantes contempladas anteriormente pueden combinarse entre sí para generar nuevos modos de realización de la invención, en los límites del alcance fijados por
15 las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de cálculo de un itinerario (I1, I2) para un vehículo todoterreno (E), comprendiendo este procedimiento una etapa preliminar que consiste en:

a) establecer (100, 102) un itinerario (I1) que debe seguir el vehículo (E) para ir de un punto de salida (A) a un punto de llegada (B), estando el vehículo (E) precedido, en todo el trayecto entre el punto de salida y el punto de llegada, por un vehículo de reconocimiento no tripulado (D), que comprende medios de medida a bordo, comprendiendo el procedimiento etapas iterativas implementadas en todo el trayecto y que consisten en:

b) transmitir las medidas (M) efectuadas por el vehículo de reconocimiento (D) a un ordenador,
c) usar un programa informático implementado en el ordenador para:

i. calcular (202) los valores de parámetros (P) relativos a la traficabilidad del terreno a partir de las medidas efectuadas por el vehículo de reconocimiento,

comprendiendo el ordenador una memoria donde se almacena al menos un parámetro representativo de las capacidades de franqueo (C) del vehículo todoterreno (E) según el itinerario I1), **caracterizado porque** la etapa c) comprende el uso del programa informático implementado en el ordenador para:

ii. comparar (204) los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno con las capacidades de franqueo (C) del vehículo (E), y determinar (204) si el vehículo tiene capacidades de franqueo suficientes para poder seguir el itinerario, el cual se impone para un vehículo autónomo, pero solo recomendado para un vehículo con conductor, de manera que el programa informático tiene como parámetros de entrada los valores de parámetros (P) relativos a la traficabilidad del terreno y las capacidades de franqueo (C) del vehículo (E) y permite obtener en salida indicadores relativos a la capacidad del vehículo de seguir el itinerario,

iii. si el vehículo tiene capacidades de franqueo suficientes, conservar (210) el mismo itinerario (I1), y
iv. si las capacidades de franqueo (C) del vehículo son insuficientes, establecer (206) un nuevo itinerario (I2) hasta el punto de llegada (B) a partir de datos cartográficos y/o de valores de parámetros (P) relativos a la traficabilidad del terreno.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, durante la etapa c), el ordenador se usa para determinar si el vehículo (E) tiene capacidades de franqueo suficientes para seguir el itinerario (I1) con una velocidad de franqueo (V) superior o igual a un valor de velocidad umbral (S) o con diferentes velocidades de franqueo (V) superiores o iguales a al menos un valor de velocidad umbral (S) y, por omisión, para establecer (206) un nuevo itinerario hasta el punto de llegada a partir de datos cartográficos y/o de valores de parámetros (P) relativos a la traficabilidad del terreno.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque**, durante la etapa a), se usan datos cartográficos y/o al menos un trazado de itinerario conocido para determinar diferentes velocidades de paso del vehículo (E) a lo largo del itinerario (I1).

4. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 3, **caracterizado porque** se determinan varios valores de velocidad umbral (S) a lo largo del itinerario (I1) y **porque** cada valor de velocidad umbral es sustancialmente igual a una velocidad de paso determinada en la etapa a).

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el vehículo todoterreno (E) está equipado asimismo con medios de medida a bordo, usados para comparar los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno con la traficabilidad real del terreno.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque**, durante la etapa c), los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno se ponderan con un coeficiente corrector, calculado para afinar la diferencia entre los valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno y otros valores de parámetros relativos a la traficabilidad del terreno calculados a partir de las medidas efectuadas por los medios de medida a bordo en el vehículo todoterreno (E).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el coeficiente corrector se calcula a partir de datos extraídos en al menos una o varias decenas de trayectos con el fin de corregir las medidas del vehículo de reconocimiento (D) gracias a una recuperación de las experiencias de trayectos anteriores.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el vehículo de reconocimiento no tripulado es un dron (D).

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el ordenador

está fuera del vehículo todoterreno (E) y transmite el nuevo itinerario (I2) a un sistema de GPS a bordo en el vehículo.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, en la etapa a), el itinerario (I1) se establece a partir de datos cartográficos y/o al menos un trazado de itinerario conocido.

5

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los valores de parámetros (P) relativos a la traficabilidad del terreno incluyen características morfológicas del terreno, como por ejemplo, el contenido de arcilla, el contenido de agua o incluso la composición del suelo y/o características geométricas del terreno, como por ejemplo, los relieves, los obstáculos o incluso la granulometría y/o propiedades mecánicas del terreno, como por ejemplo, la capacidad de carga o la adherencia.

10

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el vehículo de reconocimiento (D) está equipado con medios de medida a bordo, que comprenden al menos los tres elementos siguientes:

15

- una cámara hiperspectral para determinar el tipo de vegetación en el suelo,
- un Lidar para detectar los relieves, y
- un georradar para evaluar la compacidad del suelo y el cono de índice (CI).

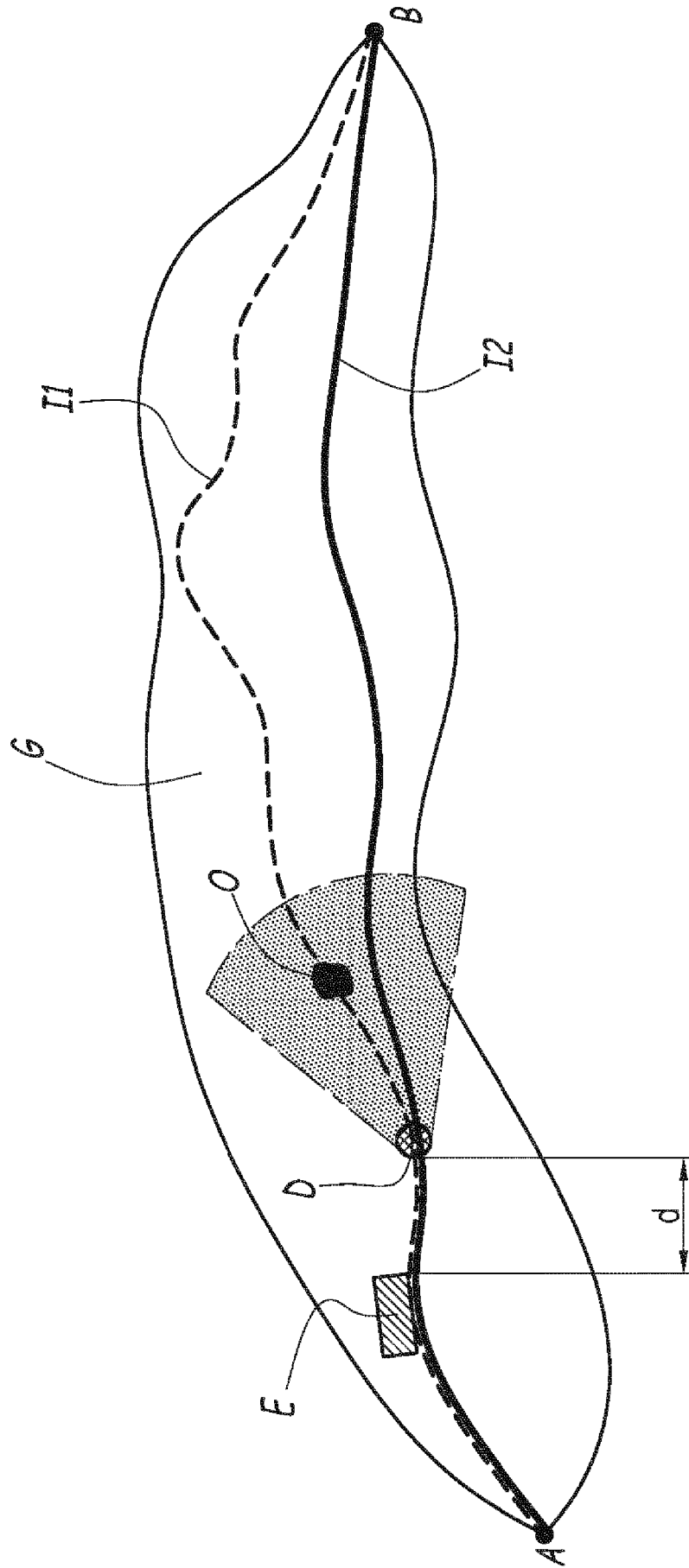


Fig.1

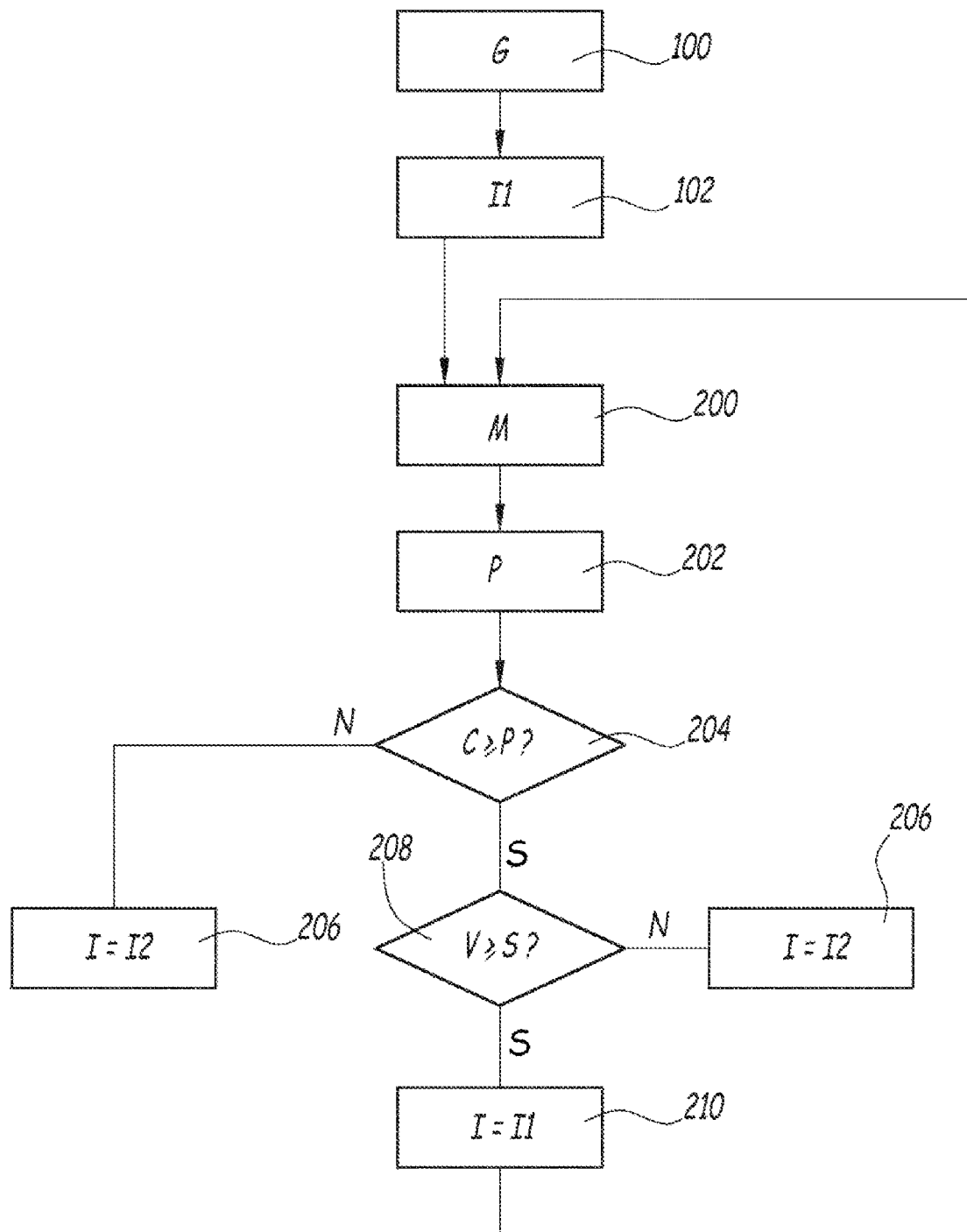


Fig.2