

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 844 725**

51 Int. Cl.:

B61L 27/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2016** **E 16158494 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020** **EP 3213974**

54 Título: **Método de control de vehículos en caso de situación de conflicto y sistema de apoyo a la decisión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2021

73 Titular/es:

**THALES MANAGEMENT & SERVICES
DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)
Thalesplatz 1
71254 Ditzingen, DE**

72 Inventor/es:

**MARKGRAF, JEANNINE;
SCHROTH, ALBRECHT y
SCHULDES, KLAUS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 844 725 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de control de vehículos en caso de situación de conflicto y sistema de apoyo a la decisión

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a un método para controlar vehículos, en particular vehículos sujetos a vías férreas, en caso de una situación de conflicto en donde se aplica una solución optimizada, el método comprende las siguientes etapas:

(a) determinar el estado de funcionamiento real de los vehículos y/o de las rutas planificadas para dichos vehículos;

(b) clasificar la situación de conflicto asignando el estado de funcionamiento real a una clase de conflicto, determinando así un espacio de acción que depende de la clase de conflicto a la que se ha asignado el estado de funcionamiento real, en donde el espacio de acción comprende medidas permitidas.

Se conoce un método para resolver conflictos en un sistema de transporte sujeto a una vía a partir del documento EP 1 500 567 A1.

Durante el funcionamiento de un sistema de transporte, en particular con vehículos ferroviarios, se pueden producir situaciones de conflicto, por ejemplo, debido a conmutadores que no funcionan, vías bloqueadas, trenes defectuosos, etc. Las situaciones de conflicto se deben resolver lo más rápido posible para continuar el funcionamiento de un sistema de transporte. Para solucionar una situación de conflicto original, se aplican las medidas adecuadas. Sin embargo, al aplicar tales medidas se pueden producir conflictos posteriores. Se supone que una situación de conflicto se resuelve si se resuelven todos los conflictos posteriores del conflicto original. Por lo tanto, resolver un conflicto incluye aplicar medidas en una secuencia ordenada (= solución)

Según el método conocido a partir del documento EP 1 500 567 A1 en primer lugar se crea una base empírica determinando y simulando el espacio de solución completo (todas las combinaciones posibles de todas las medidas). Las medidas se asignan a clases de conflicto. Una situación de conflicto real se asigna a una clase de conflicto. Las medidas relevantes (espacio de acción) para la clase de conflicto correspondiente se buscan en la base empírica y se combinan para obtener soluciones en las que se elabora un árbol de soluciones. Las soluciones del árbol de soluciones se simulan y evalúan. Aunque el método conocido solo tiene en cuenta las medidas que se asignan a la clase de conflicto relevante de la situación de conflicto real, el tiempo de cálculo sigue siendo enorme, ya que es necesario simular una multitud de combinaciones de medidas para encontrar una buena solución.

El documento EP 1 764 280 A1 describe un método para operar un ferrocarril de mercancías, que comprende las etapas de determinar un plan de movimiento mediante el cual los trenes se mueven a lo largo de un trazado, evaluando los efectos de los parámetros de la vía en el movimiento de los trenes. El método comprende además controlar dichos trenes para que se muevan a lo largo del trazado según dicho plan de movimiento determinado. El método conocido a partir del documento EP 1 764 280 A1 requiere mucho tiempo y potencia de cálculo.

El documento US 4 122 523 A da a conocer un sistema de análisis de conflictos de rutas para el control de ferrocarriles. Se analiza una trayectoria de viaje prevista de varios trenes para determinar la existencia de conflictos. Cuando se detectan uno o más conflictos, el sistema analiza varias opciones para resolver el conflicto con una interrupción mínima del sistema en función de las restricciones predeterminadas. El análisis procede sobre la base de una búsqueda heurística de resolución de conflictos. Se examina cada resolución intermedia de conflictos y se asigna un coste a las resoluciones intermedias de conflictos. Si todos los conflictos dentro de un grupo se pueden resolver, el problema se ha resuelto con éxito.

Objeto de la invención

Por tanto, un objeto de la invención es proporcionar un método para controlar vehículos en caso de una situación de conflicto que permita encontrar una solución adecuada que resuelva el conflicto original y todos los conflictos posteriores automáticamente con un esfuerzo de tiempo reducido y el cumplimiento del conjunto de reglas del dominio.

Descripción de la invención

Este objeto se resuelve mediante un método según la reivindicación 1, un sistema de soporte de decisiones según la reivindicación 8 y un programa informático según la reivindicación 9.

El método según la invención comprende las siguientes etapas:

(c) buscar en una base de conocimiento que comprenda soluciones evaluadas que estén asignadas a un estado de funcionamiento igual o similar al estado de funcionamiento real, en el que se ha encontrado que las soluciones evaluadas funcionan bien para un estado de funcionamiento especial y comprenden comentarios de expertos;

en caso de que se encuentren una o más soluciones evaluadas que estén asignadas a un estado de funcionamiento similar al estado de funcionamiento real:

(d) seleccionar al menos una solución evaluada de la base de conocimiento, en la que al menos una solución seleccionada comprende exclusivamente medidas del espacio de acción;

5 (e) optimizar la al menos una solución seleccionada aplicada al estado de funcionamiento real usando diferentes objetivos de optimización, en donde para cada objetivo de optimización se ejecuta una simulación separada, en donde la optimización utiliza un algoritmo genético y da como resultado una solución optimizada, en donde la solución optimizada es evaluada por un despachador.

(f) llevar a cabo la solución optimizada.

10 En caso de que se encuentre una solución evaluada, que se asigna a un estado de funcionamiento igual al estado de funcionamiento real, dicha solución es selecciona, puesta a prueba para conflictos mediante una simulación y es aplicada.

Un dominio del problema es el campo de aplicación del método, por ejemplo, mantenimiento, programación, etc.

15 Un estado de funcionamiento describe la situación del tráfico de un vehículo predeterminado o el estado de una ruta planificada (en caso de que el estado de funcionamiento pueda asignarse a una clase de conflicto, el estado de funcionamiento es una situación de conflicto). La clasificación del estado de funcionamiento real se lleva a cabo mediante una unidad clasificadora, que asigna el estado de funcionamiento real a una clase de conflicto correspondiente.

20 Un espacio de solución comprende todas las medidas posibles para el respectivo dominio del problema. Debido a la clasificación, el espacio de solución se puede reducir a un espacio de acción aplicando reglas de dominio almacenadas en una unidad clasificadora (motor de inferencia). El espacio de acción comprende medidas adecuadas según la clase de conflicto a la que se ha asignado el estado operativo real. Por tanto, el espacio de acción es un espacio de solución reducido. Las medidas y clases de conflicto se definen de antemano y pueden diferir de un país a otro.

25 Una Solución puede comprender una sola medida o múltiples medidas, en particular una serie de medidas, en donde la medida única o las medidas múltiples resuelven la situación de conflicto, incluidos los conflictos posteriores.

30 La base de conocimiento comprende soluciones evaluadas, es decir, soluciones que se ha comprobado que funcionan bien para un estado de funcionamiento especial (comentarios de expertos). Preferiblemente, se asigna un factor de adecuación a las soluciones evaluadas. La selección de al menos una solución evaluada de la base de conocimiento se lleva a cabo mediante una unidad sembradora. La base de conocimiento se desarrolla preferiblemente durante el curso del método inventivo (mecanismo de autoaprendizaje).

A continuación, la solución evaluada seleccionada se optimiza mediante una unidad de resolución dando como resultado la solución optimizada, que se prueba mediante una simulación basada en reglas según el dominio.

35 El método inventivo apoya la toma de decisiones sobre la elección de soluciones para resolver conflictos. El esfuerzo de tiempo requerido se reduce combinando las etapas del método determinista (clasificación, aplicación de reglas de dominio) con un enfoque heurístico (algoritmo genético). Se obtienen soluciones computadas automáticamente, en particular para trenes y conflictos de infraestructura, según la reprogramación y planificación de horarios de trenes con respecto a reglas operativas ferroviarias específicas, beneficiándose así de los métodos heurísticos y deterministas.

40 La ventaja de combinar las etapas del método determinista con un enfoque heurístico en comparación con el enfoque determinista puro es que se puede encontrar una solución optimizada en menos tiempo, porque no está completamente determinada por todos los valores de parámetros posibles y todas las condiciones del espacio de solución. Además, el efecto de autoaprendizaje de un algoritmo genético que utiliza un refuerzo continuo de la calidad mediante un mecanismo de asignación de rango de soluciones conduce a encontrar una buena solución en menos tiempo.

45 La ventaja de combinar las etapas del método determinista con un enfoque heurístico en comparación con el enfoque heurístico puro es que la aleatoriedad inherente de las soluciones optimizadas se ejercita para que sea más predecible y comprensible, porque además sigue un conjunto de reglas de dominio predefinido.

A diferencia del estado de la técnica, el método de la invención no necesita calcular espacios de solución completos, reduciendo así el esfuerzo de tiempo.

50 En caso de que no se encuentre una solución evaluada, que esté asignada al estado de funcionamiento real o un estado de funcionamiento que sea similar al estado de funcionamiento real, se llevan a cabo preferiblemente las siguientes etapas:

(d') seleccionar entre posibles medidas de un espacio de solución determinado por la clasificación del estado de funcionamiento;

(e') optimizar una combinación de las posibles medidas seleccionadas aplicadas al estado de funcionamiento real, en el que la optimización utiliza un algoritmo genético y da como resultado una solución optimizada;

(f) aplicar la solución optimizada.

5 En este caso, no hay soluciones evaluadas disponibles. Por lo tanto, las soluciones se crean seleccionando posibles medidas del espacio de soluciones. Las posibles medidas se combinan en una solución que se debe optimizar mediante un cálculo automático del algoritmo genético.

10 Si el estado de funcionamiento real no es igual a un estado operativo para el cual las soluciones evaluadas se almacenan dentro de la base de conocimiento, la solución seleccionada (evaluada o no evaluada) no se puede aplicar directamente sino que se debe modificar, es decir, los parámetros que no se ajustan al estado de funcionamiento real debe ser modificados. Los parámetros que se modifican durante un proceso de optimización se denominan parámetros de optimización.

En una variante muy preferida del método de la invención, la optimización de las etapas (e) y (e') comprende respectivamente:

15 (i) variar al menos un parámetro de la solución seleccionada utilizando el algoritmo genético que da como resultado una solución aleatoria;

(ii) simular la solución aleatorizada mediante la aplicación de reglas de dominio mediante la unidad simuladora;

(iii) asignar un rango a la solución aleatoria, en particular asignando un factor de adecuación a la solución aleatoria;

(iv) repetir las etapas (i) - (iii) para diferentes parámetros.

20 Primero se aplica un algoritmo genético, es decir, los parámetros de optimización se varían heurísticamente (mutación aleatoria). La solución para el/los parámetro(s) variado(s) se denomina "solución aleatoria". La simulación se realiza de forma determinista aplicando reglas de dominio. Se lleva a cabo la siguiente asignación de rango, por ejemplo, asignando un factor de adecuación a cada solución aleatoria.

25 La variación y la simulación/asignación de rango se repiten un número predeterminado de veces, en particular varios miles de veces. La asignación de rango de cada variación influye en las iteraciones en curso para aumentar la calidad de la solución (aprendizaje de refuerzo). Finalmente, se selecciona una de las soluciones aleatorizadas, en particular la solución aleatorizada con el mejor factor de adecuación, para su ejecución/aplicación (solución optimizada).

30 En caso de que el estado de funcionamiento real no sea igual, sino solo similar a un estado de funcionamiento para el cual las soluciones evaluadas se almacenan dentro de la base de conocimiento (por ejemplo, debido a diferentes números de pistas cerradas), la solución evaluada seleccionada se utiliza como punto de partida para el proceso de optimización.

En caso de que el estado de funcionamiento real no coincida con ningún estado de funcionamiento para el que se almacenan soluciones evaluadas dentro de la base de conocimiento, el estado de funcionamiento real sin soluciones evaluadas se utiliza para el proceso de optimización.

35 Para mejorar la base de conocimiento, se prefiere que la solución optimizada (en particular, incluida la asignación de rango correspondiente) se almacene en la base de conocimiento. De esta forma se proporciona el conocimiento para un sistema de autoaprendizaje.

40 En una variante preferida, cada clase de conflicto comprende definiciones de clase y el estado de funcionamiento real comprende características de estado y que en la etapa (b) el estado de funcionamiento real se asigna a la clase de conflicto con la coincidencia más cercana entre las definiciones de clase y las características de estado del estado de funcionamiento real. Definiciones de clases son características, que deben ser cumplidas por un estado de funcionamiento para ser asignadas a la respectiva clase de conflicto, por ejemplo, vía bloqueada, zona lenta, corte de energía, conflictos de tren/infraestructura, conflicto de tiempo. La unidad clasificadora que compara el estado de funcionamiento real con las definiciones de clase y asigna el estado de funcionamiento real a una clase de conflicto correspondiente.

45 Se prefiere que las definiciones de clase estén ponderadas y que en la etapa (b) el estado de funcionamiento real se asigne a la clase de conflicto con la puntuación de ponderación más alta. Se asigna un factor de ponderación a cada definición de clase. Se agregan los valores de los factores de ponderación de las definiciones de clase que corresponden a las características del estado. El estado de funcionamiento real se asigna a la clase de conflicto con la suma mayor de factores de ponderación.

50 Según la invención, la etapa e) se lleva a cabo utilizando diferentes objetivos de optimización. Una solución se puede optimizar con respecto a diferentes objetivos por ejemplo, retraso mínimo, número mínimo de trenes a desviar, mejor eficiencia energética, etc.). Para cada objetivo se ejecuta una simulación separada. Por lo tanto, las diversas soluciones se pueden evaluar de manera diferente dependiendo del objetivo de optimización.

En caso de que se encuentre una solución evaluada, que se asigna al estado de funcionamiento real, dicha solución se selecciona y se lleva a cabo. Es decir, en caso de que el estado de funcionamiento real sea igual a un estado de funcionamiento para el cual se almacena una solución evaluada dentro de la base de conocimiento, se selecciona la solución evaluada respectiva, se prueba mediante la simulación de conflicto y se lleva a cabo. Es decir, no es necesaria ninguna optimización siempre que se haya ejecutado al menos una simulación y se haya confirmado que la solución está libre de conflictos.

Las soluciones que se almacenan en la base de conocimiento son evaluadas. La evaluación puede comprender, por ejemplo, los factores de adecuación que se han asignado a la solución durante la asignación de rango por medio de la unidad de asignación de rango.

Además, o alternativamente, la solución optimizada se puede evaluar estadísticamente. Por ejemplo, la evaluación de una solución es mayor cuanto más a menudo se ha seleccionado dicha solución o la evaluación de una solución es mayor cuanto mejor es el factor de adecuación asignado.

Según la invención, la solución optimizada es evaluada por un despachador. Es posible una evaluación más individual teniendo en cuenta varios criterios. También son posibles otros criterios de evaluación.

La invención también se refiere a un sistema de soporte de decisiones que comprende las características de la reivindicación 8.

El espacio de acción comprende tipos de medidas que están permitidas para el estado de funcionamiento real.

Durante la optimización, el algoritmo genético se aplica a la solución seleccionada o a la combinación de posibles medidas seleccionadas. Las soluciones evaluadas seleccionadas por la unidad sembradora se utilizan como puntos de partida avanzados con espacios de acción reducidos.

El sistema de soporte de decisiones de la invención no requiere hardware especial ni distribución de hardware. Las unidades enumeradas anteriormente del sistema de soporte de decisiones de la invención son unidades de software que se pueden implementar con ordenadores portátiles y con PCs estándar. Debido a una arquitectura basada en componentes, las unidades del sistema de soporte de decisiones de la invención pueden funcionar dentro de una unidad de hardware o se pueden distribuir a varias unidades de hardware.

La invención se refiere además a un producto de programa informático que comprende instrucciones para hacer que el sistema descrito anteriormente ejecute las etapas del método descrito anteriormente. El producto de programa informático comprende el sistema de soporte de decisiones descrito anteriormente.

Se pueden extraer otras ventajas de la descripción y del dibujo adjunto.

Las realizaciones mencionadas no deben entenderse como una enumeración exhaustiva, sino que tienen un carácter a modo de ejemplo para la descripción de la invención.

Dibujos

La invención se muestra en las figuras.

La FIG. 1 muestra un diagrama de un sistema de resolución de conflictos según la invención.

La FIG. 2 muestra un diagrama de flujo según el método de la invención.

La FIG. 3 muestra un diagrama de flujo sobre la siembra de conocimiento para diferentes escenarios.

La estructura del sistema inventivo de resolución de conflictos se muestra en la FIG. 1. Las etapas del método inventivo se muestran en la FIG. 2.

Una unidad clasificadora 1 recibe el estado de funcionamiento real de uno o más vehículo(s), por ejemplo, desde un sistema externo. Primero, el estado de funcionamiento real es analizado por una unidad simuladora 2 para identificar conflictos y problemas que se utilizan para la clasificación de conflictos por la unidad clasificadora 1.

Las definiciones de clase se almacenan dentro de la unidad clasificadora. La unidad clasificadora compara la estadística del problema del estado de funcionamiento con las definiciones de clase y asigna el estado de funcionamiento real a una clase de conflicto con las definiciones de clase que mejor se ajustan, en donde diferentes definiciones de clase pueden tener diferentes factores de peso.

La información referente al el estado de funcionamiento real y la clase de conflicto se envía desde la unidad clasificadora 1 a una unidad sembradora 3. Además, la unidad de sembradora 3 tiene acceso a la base de conocimiento 4. La unidad sembradora 3 busca en la base de conocimiento 4 soluciones evaluadas que cumplan con el espacio de acción previamente determinado y que estén asignadas a un estado de funcionamiento que sea igual o similar al estado de funcionamiento real.

La FIG. 3 muestra tres posibles escenarios para la siguiente siembra de conocimiento: Si la base de conocimiento 4 comprende una solución evaluada que se asigna a un estado de funcionamiento igual al estado de funcionamiento real, se selecciona la solución evaluada correspondiente, se prueba mediante la simulación de conflicto y se aplica.

5 Si la base de conocimiento 4 no comprende ninguna solución evaluada que se asigne a un estado de funcionamiento que sea igual o similar al estado de funcionamiento real, una combinación de posibles medidas seleccionadas aplicadas, el estado de funcionamiento real se optimiza con el espacio de acción predefinido. Se lleva a cabo la solución optimizada.

10 Si la base de conocimiento 4 comprende una o más soluciones evaluadas que se asignan a un estado de funcionamiento similar al estado de funcionamiento real, se seleccionan y optimizan una o más de las soluciones evaluadas correspondientes, en donde la(s) solución/soluciones evaluadas(s) se usa(n) como punto de partida para la optimización, como se muestra en la FIG. 2.

15 El proceso de optimización se lleva a cabo mediante una unidad de resolución 5, la unidad simuladora 2 y una unidad de asignación de rango 6. Utilizando una solución evaluada de la base de conocimiento 4 como punto de partida, se puede reducir el tiempo de cálculo y la potencia de cálculo necesaria. La unidad de resolución 5 determina el parámetro a variar para encontrar una solución optimizada, es decir, los parámetros son modificados mutuamente. La variación de estos parámetros se realiza aplicando un algoritmo genético. Con el mismo se obtienen soluciones aleatorias. Las soluciones aleatorias se simulan aplicando reglas de dominio por medio de la unidad simuladora 2 dando como resultado una solución perfeccionada, es decir, la unidad simuladora 2 asegura que la solución optimizada cumple con las reglas de dominio almacenadas, lo que ayuda a detectar y prevenir conflictos (ver FIG. 2). Una asignación de rango se lleva a cabo por medio de la unidad de asignación de rango aplicando un patrón de asignación de rango, por ejemplo, el número de conflictos que aún quedan en la solución, el número de trenes que llegan a su destino en el tiempo, etc. La asignación de rango se hace con respecto a un objetivo de optimización aplicando un factor de adecuación a cada solución perfeccionada. Se pueden usar diferentes objetivos de optimización que pueden dar lugar a diferentes factores de adecuación para la misma solución aleatoria. La solución aleatorizada con el mejor factor de adecuación para un objetivo de optimización seleccionado se selecciona como solución optimizada para llevar a cabo.

La solución optimizada (incluidos su(s) factor(es) de adecuación) se almacena en la base de conocimiento 4 para proporcionar un sistema de autoaprendizaje.

El método de la invención proporciona una optimización heurística de soluciones por medio de un algoritmo genético teniendo en cuenta las reglas de dominio, proporcionando así buenas soluciones con poco esfuerzo de tiempo.

30 En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de una situación de conflicto y los elementos/información utilizados para aplicar el método de la invención:

estado de funcionamiento real	dos trenes A + B no pueden entrar en la sección de la vía debido a una zona en construcción
clase de conflicto relevante	tramo de vía en conflicto
definiciones de clase o clase de conflicto relevante	• tramo de vía bloqueado • tramo de vía no electrificado • conflicto de asignación de vías (tren/tren) • conflicto de incompatibilidad (infraestructura/tren)
dominio del problema	El tren no puede llegar a su destino
espacio de acción	• cambiar la ruta del tren • adaptar la velocidad del tren • extender la parada del tren • insertar parada de tren adicional
estado de funcionamiento de la medida evaluada de la base de conocimiento	dos trenes A + B no pueden entrar en el tramo de vía de una vía X debido a un conmutador defectuoso

medida evaluada	reducción de la velocidad de los trenes A + B y cambio de trayectoria del tren a otra vía Y
fijar parámetro	número de trenes
parámetro a variar	velocidad de los trenes A + B Trayectoria del tren A + B
objetivo de optimización	• retraso mínimo del tren • rendimiento máximo del tren • conflictos de asignación mínimos • se alcanzó el destino del tren

Lista de números de referencia

- 1 unidad clasificadora
- 2 unidad simuladora
- 3 unidad sembradora
- 5 4 base de conocimiento
- 5 unidad de resolución
- 6 unidad de asignación de rango

REIVINDICACIONES

1. Método para el control de vehículos, en particular vehículos ferroviarios, en caso de una situación de conflicto, comprendiendo el método las siguientes etapas:

- 5 (a) determinar un estado de funcionamiento real de los vehículos y/o de rutas planificadas para dichos vehículos;
- (b) clasificar la situación de conflicto asignando el estado de funcionamiento real a una clase de conflicto, determinando así un espacio de acción dependiendo de la clase de conflicto a la que se ha asignado el estado de funcionamiento real, en donde el espacio de acción comprende medidas permitidas;
- 10 (c) buscar una base de conocimiento que comprenda soluciones evaluadas que se asignan a un estado de funcionamiento igual o similar al estado de funcionamiento real en el que se ha encontrado que las soluciones evaluadas funcionan bien para un estado de funcionamiento especial y comprenden comentarios de expertos;
- en caso de que se encuentren una o más soluciones evaluadas que estén asignadas a un estado de funcionamiento similar al estado de funcionamiento real:
- 15 (d) seleccionar de la al menos una solución evaluada de la base de conocimiento, en la que al menos una solución seleccionada comprende exclusivamente medidas del espacio de acción;
- (e) optimizar la al menos una solución seleccionada aplicada al estado de funcionamiento real usando diferentes objetivos de optimización, en donde para cada objetivo de optimización se ejecuta una simulación separada, en donde la optimización utiliza un algoritmo genético y da como resultado una solución optimizada, en donde la solución optimizada es evaluada por un despachador;
- 20 (f) llevar a cabo la solución optimizada;
- en caso de que se encuentre una solución evaluada, que esté asignada a un estado de funcionamiento igual al estado de funcionamiento real, dicha solución es seleccionada, es probada para verificación de los conflictos mediante una simulación y se aplica.

25 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que en caso de que no se encuentre una solución evaluada, que esté asignada al estado de funcionamiento real o un estado de funcionamiento que sea similar al estado de funcionamiento real, se llevan a cabo las siguientes etapas:

- (d') seleccionar entre posibles medidas de un espacio de solución determinado mediante la clasificación del estado de funcionamiento;
- (e') optimizar una combinación de las posibles medidas seleccionadas aplicadas al estado de funcionamiento real, en el que la optimización utiliza un algoritmo genético y da como resultado una solución optimizada;
- 30 (f) aplicar la solución optimizada.

3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la optimización comprende:

- (i) la variación de al menos un parámetro de la solución seleccionada se varía usando el algoritmo genético que da como resultado una solución aleatoria;
- 35 (ii) simular la solución aleatorizada mediante la aplicación de reglas de dominio mediante la unidad simuladora;
- (iii) asignar rango a la solución aleatoria, en particular asignando un factor de adecuación a la solución aleatoria;
- (iv) repetir las etapas (i) - (iii) para diferentes parámetros.

40 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la solución optimizada se almacena en la base de conocimiento.

5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada clase de conflicto comprende definiciones de clase y el estado de funcionamiento real comprende características de estado y por que en la etapa (b) el estado de funcionamiento real se asigna a la clase de conflicto con la coincidencia más cercana entre las definiciones de clase y las características de estado del estado de funcionamiento real.

45 6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que las definiciones de clase están ponderadas y por que en la etapa (b) el estado de funcionamiento real se asigna a la clase de conflicto con la puntuación de ponderación más alta.

7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que las soluciones de la base de conocimiento están evaluadas estadísticamente.

8. Sistema de soporte de decisiones configurado para ejecutar el método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende:

- 5 una unidad de almacenamiento configurada para almacenar una base de conocimiento (4) que comprende soluciones evaluadas que están asignadas a un estado de funcionamiento igual o similar al estado de funcionamiento real y que se ha encontrado que funcionan bien para un estado de funcionamiento especial y comprenden comentarios de expertos,
- 10 medios configurados para determinar un estado de funcionamiento real de los vehículos y/o de rutas planificadas para dichos vehículos,
- una unidad clasificadora (1) configurada para clasificar la situación de conflicto asignando un estado de funcionamiento real a una clase de conflicto, determinando así un espacio de acción dependiendo de la clase de conflicto a la que se ha asignado el estado de funcionamiento real, en donde el espacio de acción comprende medidas permitidas,
- 15 una unidad sembradora (3) configurada para seleccionar soluciones evaluadas de la base de conocimiento, en donde la al menos una solución seleccionada comprende exclusivamente medidas del espacio de acción,
- una unidad de resolución (5) configurada para realizar la variación de parámetros aplicando un algoritmo genético basado en el espacio de acción asignado,
- 20 una unidad simuladora (2) configurada para almacenar reglas de dominio que apoyan la detección y/o prevención de conflictos durante una simulación del estado de funcionamiento real,
- medios configurados para optimizar la al menos una solución seleccionada aplicada al estado de funcionamiento real usando diferentes objetivos de optimización, en donde para cada objetivo de optimización se ejecuta una simulación separada, en donde la optimización utiliza un algoritmo genético y da como resultado una solución optimizada, en donde la solución optimizada es evaluada por un despachador,
- 25 una unidad de asignación de rango (6) configurada para asignar rango a las soluciones optimizadas aplicando un patrón de asignación de rango diferente, y
- medios configurados para realizar la solución optimizada; en donde en caso de que se encuentre una solución evaluada, que esté asignada a un estado de funcionamiento igual al estado de funcionamiento real, dicha solución se selecciona, se prueba para verificación de conflictos mediante una simulación y se aplica.
- 30 9. Producto de programa informático que comprende instrucciones para hacer que el sistema de la reivindicación 8 ejecute las etapas del método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

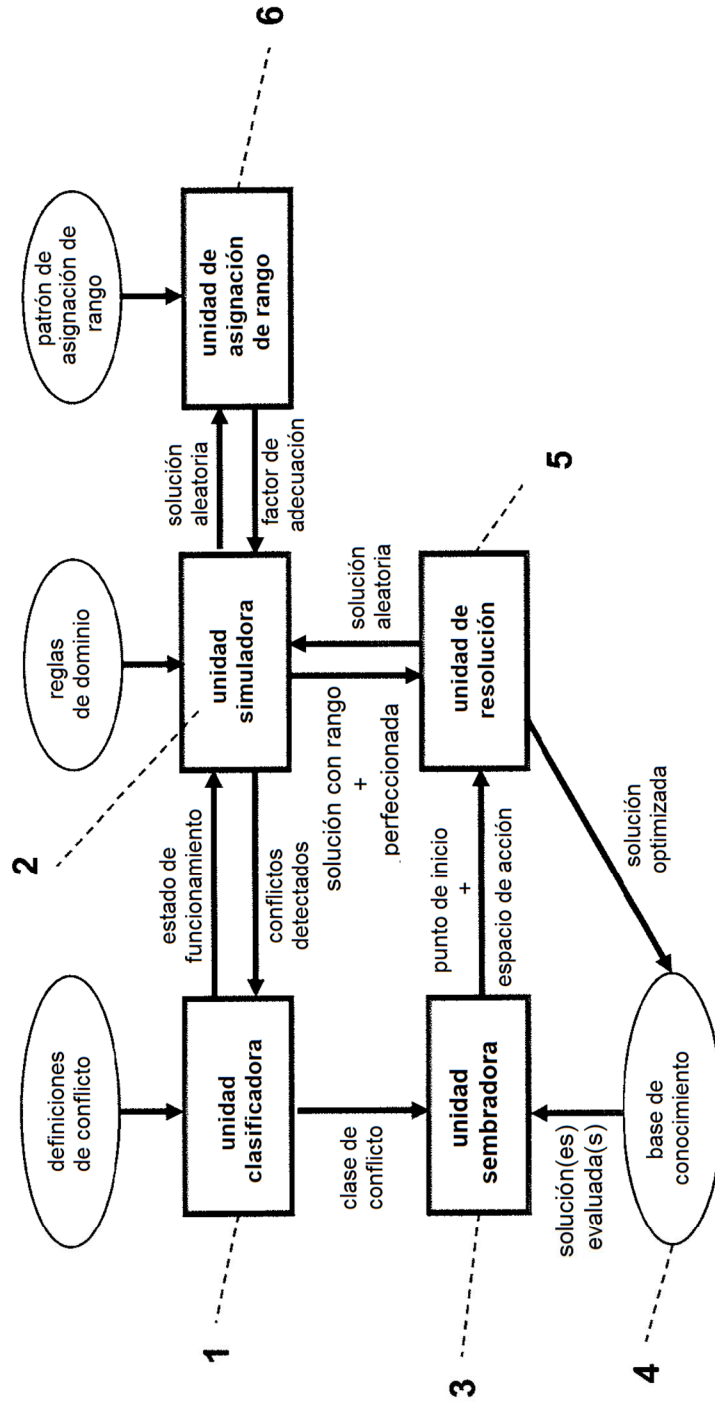


Fig. 1

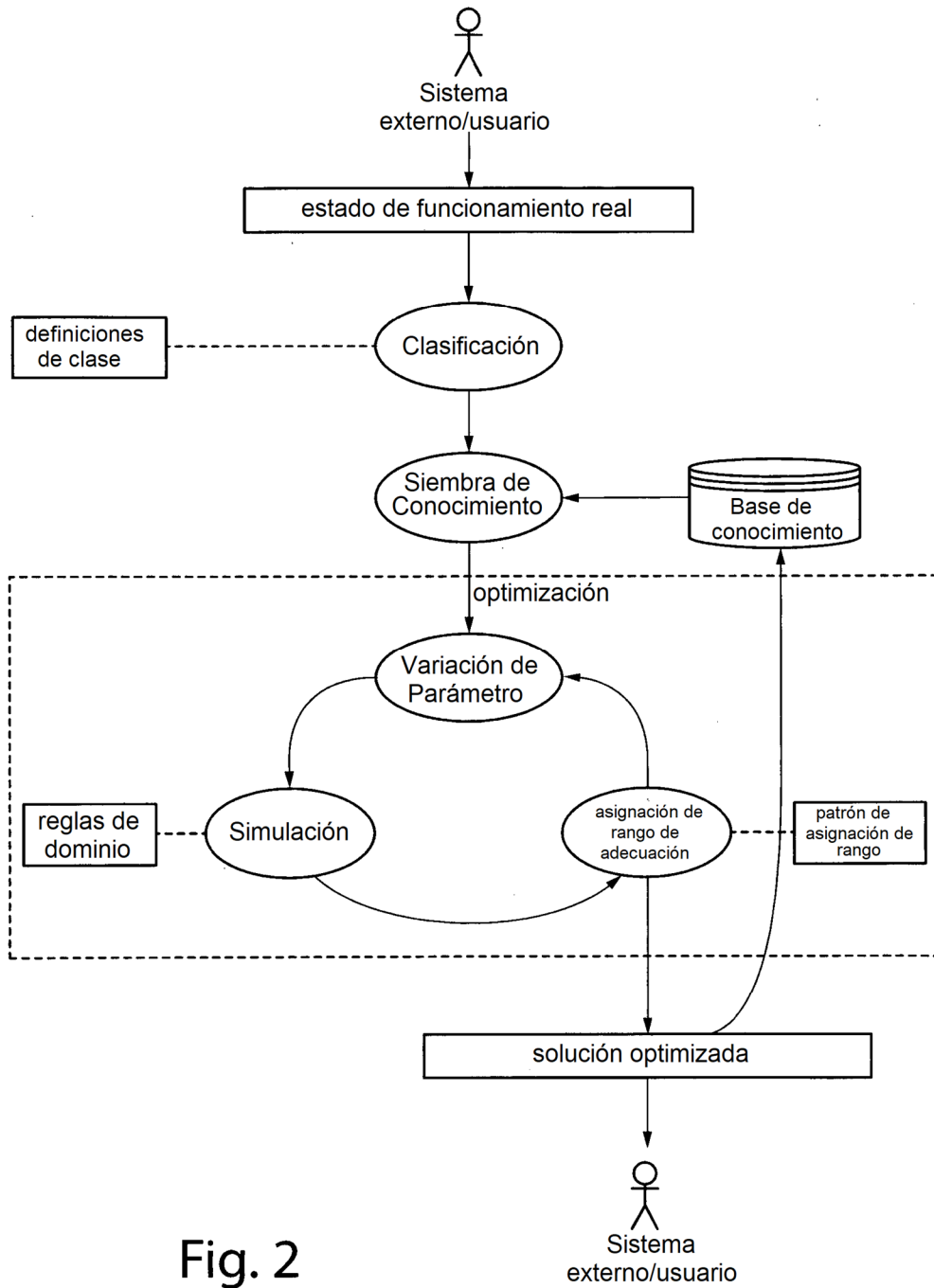


Fig. 2

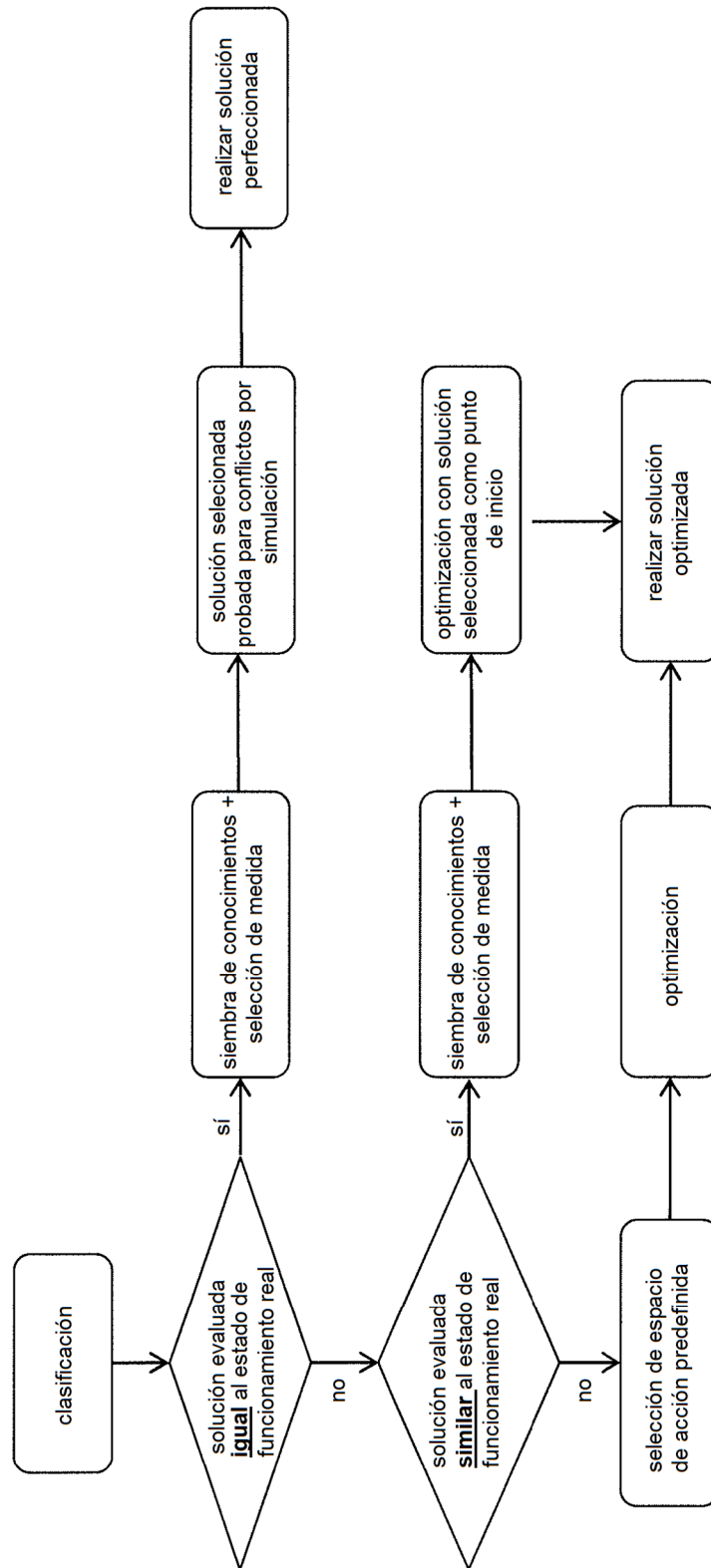


Fig. 3