

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 330**

51 Int. Cl.:

B61L 3/00 (2006.01)

B61L 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2018 E 18161277 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **12.10.2022 EP 3375689**

54 Título: **Dispositivo de optimización de la conducción de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

13.03.2017 FR 1752031

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

02.03.2023

73 Titular/es:

**ALSTOM HOLDINGS (100.0%)
48 rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**MIGLIANICO, DENIS;
LA DELFA, SALVATORE;
ENJALBERT, SIMON;
DAHOT, RUDY;
POLET, PHILIPPE y
VANDERHÆGEN, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 769 330 T5

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de optimización de la conducción de un vehículo ferroviario

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un dispositivo de optimización de la conducción de un vehículo ferroviario.

[0002] El consumo de energía de un vehículo ferroviario está directamente relacionado con la velocidad de este último. Por lo tanto, existen procedimientos para determinar una velocidad óptima para el vehículo ferroviario, lo
10 que permite minimizar el consumo de energía de este vehículo, al tiempo que se cumplen particularmente los requisitos de horario que un vehículo ferroviario debe respetar habitualmente.

[0003] Por lo tanto, ya se conoce, en el estado de la técnica, un dispositivo para optimizar la conducción de un vehículo ferroviario, que comprende medios para determinar una velocidad objetivo y medios para indicar instrucciones
15 para modificar una velocidad instantánea del vehículo ferroviario con vistas a aproximarse a la velocidad objetivo.

[0004] Tal dispositivo indica, generalmente en tiempo real, instrucciones a la atención del conductor del vehículo, a fin de que tome las acciones correspondientes a estas instrucciones (aceleración, frenado, marcha libre...) para aproximar la velocidad instantánea del vehículo a la velocidad objetivo. Esta velocidad objetivo es la velocidad
20 más optimizada para minimizar el consumo de energía del vehículo, teniendo en cuenta diversas limitaciones, en particular los requisitos de horarios, límites de velocidad y requisitos de confort. Tal dispositivo se conoce, por ejemplo, a partir del documento US 6.805.326 B1.

[0005] El documento «A stable speed advice for reliable and safe rail traffic » (Mohammad Sabbaghian, Master
25 Thesis: Industrial Engineering and Management, University of Twente, 2014) divulga un dispositivo de optimización de la conducción de un vehículo ferroviario, que incluye medios para determinar las instrucciones de conducción a partir de una velocidad objetivo. Los medios de determinación incluyen entre otros medios de estudio de comportamiento del conductor, determinándose la velocidad objetivo en función de este comportamiento del conductor.

30 **[0006]** La invención tiene como objetivo particular mejorar la eficiencia de tal dispositivo de optimización.

[0007] Con este fin, el objeto de la invención es particularmente un dispositivo para optimizar la conducción de un vehículo ferroviario, que incluye las características de la reivindicación 1.

35 **[0008]** Con un dispositivo de optimización del estado de la técnica, cada conductor elige su propia forma de acelerar y de frenar para lograr la velocidad objetivo, a fin de respetar los horarios. Además, cada conductor tiene su propia forma de adaptarse a las instrucciones que se le transmiten (tiempo de reacción, tiempo de acción, posibles errores...). Esto conduce a una disparidad en los consumos energéticos dependiendo del comportamiento de los diversos impulsores, y más particularmente al consumo excesivo de energía.

40 **[0009]** El dispositivo de optimización según la invención determina las instrucciones de conducción teniendo en cuenta el comportamiento del conductor. Por lo tanto, el dispositivo de optimización se adapta específicamente a este conductor y sus hábitos de conducción.

45 **[0010]** Por lo tanto, se mejora el rendimiento del dispositivo de optimización.

[0011] Un dispositivo de optimización según la invención puede incluir además una o más de las siguientes características, tomadas en solitario o en cualquier combinación técnicamente concebible.

50 - Los medios de estudio del comportamiento están configurados para evaluar una primera duración entre la indicación de una instrucción de conducción por los medios de indicación (20), y el inicio de una implementación de esta instrucción por parte del conductor.

- Los medios de estudio del comportamiento están configurados para evaluar el tiempo que tarda el conductor en poner los medios de control del vehículo en una configuración adecuada en función de la instrucción de conducción
55 recibida.

- Los medios de estudio del comportamiento están configurados para detectar errores cometidos por el conductor a consecuencia de una instrucción de conducción recibida.

- Los medios de determinación comprenden medios para almacenar datos cartográficos, que proporcionan información relacionada con el entorno en el que opera el vehículo ferroviario.

60 - Los medios de determinación comprenden medios para almacenar datos relacionados con el vehículo ferroviario y con el consumo del vehículo ferroviario.

- Los medios de determinación comprenden medios para almacenar datos de tablas relacionadas con los horarios que debe respetar el vehículo ferroviario.

65 - Los medios de estudio del comportamiento están configurados para determinar recursivamente parámetros relacionados con el comportamiento del controlador, a partir de un algoritmo de identificación, con vistas a la

autoadaptación de la velocidad objetivo y las instrucciones a transmitir al conductor.

[0012] La invención también se refiere a un procedimiento para optimizar la conducción de un vehículo ferroviario por medio de un dispositivo de optimización como se ha definido anteriormente, que comprende:

5

- la determinación de instrucciones de conducción a partir de una velocidad objetivo, y
- la indicación de instrucciones de conducción a la atención de un conductor de vehículo ferroviario, con vistas a aproximar una velocidad instantánea del vehículo ferroviario a la velocidad objetivo,

10 caracterizado porque comprende un estudio del comportamiento del conductor, estando la determinación de la velocidad objetivo realizada en función de este comportamiento del conductor.

[0013] La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo y con referencia a la figura adjunta, que representa esquemáticamente un dispositivo de optimización
15 según un ejemplo de realización de la invención.

[0014] En la figura se muestra un dispositivo 10 para optimizar la conducción de un vehículo ferroviario, destinado a equipar este vehículo ferroviario.

20 **[0015]** El vehículo ferroviario destinado a viajar en una vía ferroviaria, sigue una ruta predefinida, por lo que es posible prever una velocidad óptima de desplazamiento de este vehículo ferroviario, en particular para minimizar el consumo de energía del vehículo, teniendo en cuenta los horarios que este vehículo debe respetar, entre otros parámetros.

25 **[0016]** La vía férrea incluye en particular una pluralidad de estaciones, en las que es probable que el vehículo ferroviario se detenga.

[0017] El dispositivo de optimización 10 incluye medios 12 para determinar las instrucciones de conducción a partir de una velocidad objetivo V_c . La velocidad objetivo V_c corresponde, por ejemplo, a una velocidad óptima que
30 permite limitar el consumo de energía del vehículo ferroviario. Esta velocidad objetivo V_c se determina en tiempo real, cambiando constantemente esta velocidad objetivo V_c con el tiempo, en particular en función de la posición $x(t)$ en la que se encuentra el vehículo ferroviario en la vía férrea.

[0018] Para poder determinar esta posición $x(t)$, el dispositivo de optimización 10 comprende
35 convencionalmente medios de localización 14, por ejemplo, un dispositivo de guía por satélite.

[0019] Los medios de determinación 12 comprenden medios 16 para calcular en tiempo real la velocidad objetivo V_c , que comprenden un algoritmo de cálculo que determina la velocidad objetivo V_c en función de los parámetros, que se describirán más adelante. Tales medios de cálculo en tiempo real 16 son en particular capaces de
40 tener en cuenta un posible retraso o un adelanto en los horarios que el vehículo ferroviario debe respetar.

[0020] Los medios de determinación 12 también comprenden medios 18 para comparar una velocidad instantánea V_i del vehículo ferroviario con la velocidad objetivo V_c facilitada por los medios de cálculo 16. Ventajosamente, un intervalo de velocidad objetivo se define en torno a la velocidad objetivo V_c , y los medios de
45 comparación 18 comparan la velocidad instantánea V_i con este intervalo de velocidad objetivo.

[0021] El dispositivo de optimización 10 también incluye medios 20 para indicar instrucciones de conducción a un conductor 22 del vehículo ferroviario.

50 **[0022]** Los medios de comparación 18 proporcionan los resultados de las comparaciones a los medios de indicación 20.

[0023] Las instrucciones de conducción incluyen instrucciones para modificar la velocidad instantánea V_i con vistas a la aproximación a la velocidad objetivo V_c , en particular una instrucción para aumentar la velocidad cuando la
55 velocidad instantánea V_i es inferior a la velocidad objetivo V_c , una instrucción de reducción de velocidad cuando la velocidad instantánea V_i es superior a la velocidad objetivo V_c , y una instrucción de mantenimiento de velocidad cuando la velocidad instantánea V_i es sustancialmente igual a la velocidad objetivo V_c .

[0024] Los medios de indicación 20 pueden incluir diferentes dispositivos de visualización posibles.
60

[0025] Por ejemplo, los medios de indicación 20 comprenden un panel de visualización, en particular una pantalla de visualización, adecuada para visualizar instrucciones de conducción, en forma de pictogramas de instrucciones de conducción.

65 **[0026]** Como alternativa, o adicionalmente, los medios de indicación 20 comprenden un dispositivo de

visualización frontal, capaz de mostrar las instrucciones de conducción en un campo de visión del conductor.

[0027] Para modificar la velocidad instantánea V_i , en función de las instrucciones recibidas, el conductor 22 actúa sobre medios convencionales 24 para controlar el nivel de tracción, que generalmente comprenden una palanca de control de tracción/frenado. El conductor del vehículo ferroviario acciona esta palanca de control para aplicar a este vehículo ferroviario un nivel de tracción o frenado que permita modificar la velocidad instantánea V_i , deseada por el conductor, para aproximarse a la velocidad objetivo V_c .

[0028] Ahora se describirán los parámetros tenidos en cuenta por los medios de determinación 12 para calcular la velocidad objetivo V_c .

[0029] Algunos de estos parámetros se usan convencionalmente en los dispositivos de optimización del estado de la técnica. El experto en la técnica sabrá fácilmente cómo elegir e implementar estos parámetros, de la misma manera que en el estado de la técnica.

[0030] Los medios de determinación 12 comprenden medios 26 para recuperar estos parámetros, que comprenden en particular medios 28 para almacenar bases de datos, que almacenan algunos de estos parámetros que van en función de la posición $x(t)$ del vehículo en la vía férrea.

[0031] Los primeros parámetros están formados por datos de cartografía ambiental, más particularmente datos relacionados con la forma de la vía férrea, en particular relacionados con la localización de pendientes y descensos, giros y líneas rectas. Los datos de cartografía también incluyen todos los demás datos locales específicos, tales como límites de velocidad, cruces y/o zonas llamadas peligrosas (salida de curvas, zonas peatonales). Esta cartografía es importante porque influye mucho en la elección de la velocidad objetivo en cualquier posición del vehículo en la vía férrea. Los datos de cartografía se almacenan, por ejemplo, en los medios de almacenamiento 28.

[0032] Otros parámetros, también almacenados en forma de una base de datos en los medios de almacenamiento 28, están formados por datos de procedimientos de conducción. Los datos de procedimientos de conducción son instrucciones generales de conducción, generalmente definidas por un operador, que el conductor debe respetar.

Dichos procedimientos de conducción imponen, por ejemplo, una velocidad máxima al llegar a una estación, así como límites en las fuerzas de aceleración y frenado del vehículo, por razones de comodidad de los pasajeros.

[0033] Otros parámetros, también almacenados en forma de una base de datos en los medios de almacenamiento 28, están formados por tablas de horarios. Las tablas de horario informan del tiempo disponible para realizar una misión entre dos estaciones. Estos datos permiten definir el perfil de aceleración o frenado para cubrir la distancia correspondiente a la misión. De hecho, por ejemplo, se acelera más para cubrir una distancia de 800 metros en 2 minutos en lugar de para cubrir esta misma distancia en 4 minutos.

[0034] También se tienen en cuenta otros parámetros, tales como la posición $x(t)$ del vehículo ferroviario en la vía férrea, la velocidad instantánea V_i del vehículo ferroviario, la posición de los medios de control de conducción 24 del vehículo, los procedimientos especiales que pueden haberse iniciado (por ejemplo, desactivación del reposo automático con control de mantenimiento de apoyo (VACMA), conducción visual, procedimiento de maniobra...), los valores de la tensión de alimentación (debido a fluctuaciones de la tensión de alimentación conducen a cambios en el consumo), la masa total del sistema (incluidos los pasajeros), la existencia de un sistema de recuperación de energía (y en qué forma), señalización, etc.

[0035] Todos estos datos permiten calcular de manera convencional en todo momento una velocidad objetivo V_c que el vehículo ferroviario debe respetar para un mejor consumo energético.

[0036] Para optimizar este consumo energético, los medios de determinación 12 del dispositivo de optimización 10 según la invención incluyen además medios autoadaptativos 30 para estudiar el comportamiento del conductor 22, estando la velocidad objetivo V_c determinada en cada momento en función de este comportamiento del conductor.

[0037] Estos medios de estudio 30 permiten optimizar las instrucciones de conducción teniendo en cuenta los hábitos de conducción del conductor 22.

[0038] Estos medios de estudio 30 están configurados para producir un modelo neuromuscular del conductor 22, producido a partir de las instrucciones de conducción transmitidas al conductor y del comando aplicado por este último.

[0039] El modelo neuromuscular del conductor modela el comportamiento del conductor para transmitir un comando al vehículo (modificar la posición del manipulador de conducción para seguir las instrucciones transmitidas). El modelo neuromuscular del conductor incluye, por ejemplo, los siguientes parámetros:

- Retardo (en segundos), definido como la diferencia entre el momento en el que se transmite la instrucción y el momento en el que el conductor realiza la acción. El retardo es generalmente de entre 0 y 1 segundo;
- Tiempo neuromuscular (en segundos), definido como la habilidad del conductor para lograr la posición correcta del manipulador, y la dinámica muscular del conductor. El tiempo neuromuscular se determina, por ejemplo, a partir de un procedimiento para identificar parámetros de modelos de cálculo (tales como "modelo predictivo de cálculo de error", "mínimos cuadrados recursivos"). El tiempo neuromuscular es generalmente de entre 0,1 y 2,4 segundos;
- Ganancia, definida como la corrección de un error cometido por el conductor. La ganancia se determina a partir de un procedimiento para identificar parámetros de modelos de cálculo (tales como "modelo predictivo de cálculo de error", "mínimos cuadrados recursivos"). La ganancia es generalmente de entre 0,3 y 2,5 segundos.

[0040] Los medios de estudio del comportamiento 30 están configurados para determinar recursivamente parámetros relacionados con el comportamiento del controlador, a partir de un algoritmo de identificación, con vistas a la autoadaptación de la velocidad objetivo y las instrucciones a transmitir al conductor 22. Más particularmente, las identificaciones de estos parámetros se actualizan de forma recursiva según un modelo de cálculo de error predictivo entre la instrucción realizada y la instrucción transmitida al controlador.

[0041] Por lo tanto, en el dispositivo de optimización 10 según la invención, el conductor 22 interviene, como el vehículo y su modelo de consumo, en la determinación de la velocidad objetivo.

[0042] En los medios de cálculo 16, el retardo, el tiempo neuromuscular y la ganancia se tienen en cuenta para la determinación de la velocidad objetivo actualizando los parámetros del modelo de cálculo. La actualización se realiza después de cada identificación de parámetros.

[0043] Los medios de determinación 12 determinan la velocidad objetivo V_c por medio de un algoritmo de optimización, determinando en tiempo real la velocidad objetivo V_c basándose en los parámetros mencionados anteriormente.

[0044] Este algoritmo de optimización está configurado para determinar las posibles velocidades para realizar la misión en el tiempo permitido y respetando las limitaciones ambientales. La velocidad que permite minimizar la tensión de tracción para toda la ruta se mantiene y se transmite al conductor 22. Esta velocidad objetivo se calcula cada segundo.

[0045] Está claro que el dispositivo de optimización según la invención permite generar instrucciones que consideran la evolución del comportamiento del conductor en tiempo real para mejorar la optimización del consumo de energía.

[0046] El dispositivo 10 se autoadapta al comportamiento del conductor (gracias a la identificación de los parámetros del conductor 22), lo que no hace ningún otro sistema de asistencia de conducción ecológica conocido.

[0047] El dispositivo 10 permite dar una consigna de conducción ecológica adaptada al conductor 22 respetando al mismo tiempo la restricción de minimización de la tensión de tracción para reducir el consumo de energía. Además, con el sistema en funcionamiento continuo, se garantiza la ejecución de la tarea de conducción dentro del tiempo asignado por el horario (en situación nominal) respetando los límites de velocidad.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (10) para optimizar la conducción de un vehículo ferroviario, que comprende medios (12) para determinar las instrucciones de conducción a partir de una velocidad objetivo, y medios (20) para indicar instrucciones de conducir a la atención de un conductor (22) del vehículo ferroviario, con vistas a aproximar una velocidad instantánea del vehículo ferroviario a la velocidad objetivo, **caracterizado porque** los medios de determinación (12) comprenden medios (30) para estudiar el comportamiento del conductor (22), estando la velocidad objetivo determinada en función de este comportamiento del conductor (22), **porque** los medios de determinación (12) comprenden medios (16) para calcular en tiempo real la velocidad objetivo, **porque** los medios de estudio (30) están configurados para producir un modelo neuromuscular del conductor (22), producido a partir de las instrucciones de conducción transmitidas al conductor y del comando aplicado por este último, **porque** el modelo neuromuscular del conductor incluye los siguientes parámetros:
 - el retardo, definido como la diferencia entre el momento en el que se transmite la instrucción y el momento en el que el conductor realiza la acción;
 - el tiempo neuromuscular, definido como la habilidad del conductor para lograr la posición correcta del manipulador, y la dinámica muscular del conductor; y
 - la ganancia, definida como la corrección de un error cometido por el conductor, y **porque** en los medios de cálculo (16), el retardo, el tiempo neuromuscular y la ganancia se tienen en cuenta para la determinación de la velocidad objetivo actualizando los parámetros del modelo de cálculo.
2. Dispositivo de optimización (10) según la reivindicación 1, en el que los medios de estudio del comportamiento (30) están configurados para evaluar una primera duración entre la indicación de una instrucción de conducción por los medios de indicación (20), y el inicio de una implementación de esta instrucción por parte del conductor (22).
3. Dispositivo de optimización (10) según la reivindicación 1 o 2, en el que los medios de estudio del comportamiento (30) están configurados para evaluar el tiempo que tarda el conductor (22) en poner los medios de control (24) del vehículo en una configuración adecuada en función de la instrucción de conducción recibida.
4. Dispositivo de optimización (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de estudio del comportamiento (30) están configurados para detectar errores cometidos por el conductor (22) a consecuencia de una instrucción de conducción recibida.
5. Dispositivo de optimización (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de determinación (12) comprenden medios de almacenamiento (18) de datos cartográficos, que proporcionan información relacionada con el entorno en el que opera el vehículo ferroviario.
6. Dispositivo de optimización (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de determinación (12) comprenden medios de almacenamiento (18) de datos relacionados con el vehículo ferroviario y con el consumo del vehículo ferroviario.
7. Dispositivo de optimización (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de determinación (12) comprenden medios de almacenamiento (18) de datos de tablas relacionadas con los horarios que el vehículo ferroviario debe respetar.
8. Dispositivo de optimización (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de estudio del comportamiento (30) están configurados para determinar recursivamente parámetros relacionados con el comportamiento del controlador, a partir de un algoritmo de identificación, con vistas a la autoadaptación de la velocidad objetivo y las instrucciones a transmitir al conductor (22).
9. Procedimiento de optimización de la conducción de un vehículo ferroviario por medio de un dispositivo de optimización (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende:
 - la determinación de instrucciones de conducción a partir de una velocidad objetivo, y
 - la indicación de instrucciones de conducción a la atención de un conductor (22) de vehículo ferroviario, con vistas a aproximar una velocidad instantánea del vehículo ferroviario a la velocidad objetivo,**caracterizado porque** comprende un estudio del comportamiento del conductor (22), estando la determinación de la velocidad objetivo realizada en función de este comportamiento del conductor (22).

