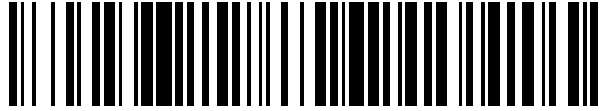


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 473**

51 Int. Cl.:

**B61L 23/04** (2006.01)

**B61L 27/00** (2006.01)

**B61L 15/00** (2006.01)

**B61L 25/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2015 E 15197819 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3028921**

54 Título: **Sistema de vigilancia de las condiciones de explotación de un tren**

30 Prioridad:

**04.12.2014 FR 1461926**

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

**29.11.2019**

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)  
48, rue Albert Dhalenne  
93400 Saint-Ouen, FR**

72 Inventor/es:

**LE-CORRE, FRÉDÉRIC;  
HALLONET, FRÉDÉRIC y  
FARGETTE, JEAN-YVES**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

**ES 2 733 473 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

Sistema de vigilancia de las condiciones de explotación de un tren

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de vigilancia de las condiciones de explotación de un tren.
- [0002]** El dimensionamiento de un tren descansa en hipótesis relativas a las condiciones en las que está previsto explotar ese tren. Se toman en cuenta por ejemplo, el perfil de misión previsto para el tren, la calidad de la vía férrea sobre la que el tren circulará, la masa de los pasajeros transportados, distancia de recorrido, efectos del viento durante el paso por túneles o cruces con otros trenes, etc.
- [0003]** Estas hipótesis se definen mucho antes de la fase de explotación del tren, aunque las condiciones de explotación reales pueden diferir de estas hipótesis iniciales.
- 15 **[0004]** Además, la voluntad europea de extender los perfiles de misión, la degradación progresiva de las vías, la apertura de nuevas líneas en las que el tren circula, la frecuentación más elevada, etc. hacen que la explotación real de un tren se distancie enormemente de las hipótesis inicialmente formuladas.
- [0005]** Estas diferencias influyen directamente sobre el envejecimiento del tren y, como consecuencia, sobre su mantenimiento y sobre su garantía, tanto en términos de seguridad como en obligaciones contractuales.
- [0006]** Por ello, es necesario crear una base de conocimientos que permita el seguimiento de las condiciones de explotación reales de un tren, o más generalmente de una flota de trenes, para garantizar la duración de la vida del material y permitir la concepción en fiabilidad de nuevos trenes.
- 25 **[0007]** El artículo de H. Tsunashima y otros, «Japanese Railway Condition Monitoring Of Tracks Using In-Service Vehicle», CBM conferencia de 2011, divulga un sistema de vigilancia del estado de una vía férrea. Un tren está equipado con diferentes sensores que por ejemplo, detectan una irregularidad en la vía a partir de la aceleración vertical y de la aceleración lateral de la caja del tren (siendo medido el ángulo de balanceo de la caja utilizando un giroscopio para distinguir entre una irregularidad de la vía y una irregularidad del terreno), o, por ejemplo, que detectan una usura ondulatoria de los raíles a partir del ruido medido en cabina y del cálculo de un pico espectral. El tren está igualmente equipado con un sistema que consta de un dispositivo de posicionamiento por satélite, del tipo GPS, propio para poner en marcha un algoritmo de localización del tren en una tarjeta geográfica para identificar la localización precisa del tren y, por consiguiente, la de un defecto detectado por los sensores a bordo.
- 30 **[0008]** El documento US 8 504 225 B2 divulga un procedimiento de determinación de una duración de vida restante para un componente de un vehículo ferroviario explotado en una vía conocida. El tren está equipado con diferentes sensores que permiten, durante la explotación normal del tren, la adquisición de mediciones. En particular, el tren está equipado con un dispositivo de localización por satélite que etiqueta geográficamente las mediciones hechas por los sensores a bordo. Estas medidas se transmiten después a una central de tratamiento distante, en tierra, propia para agregar las mediciones recibidas y para actualizar en consecuencia el valor de una duración de vida restante de un componente del tren.
- 35 **[0009]** Por otra parte, el documento DE102013105397D1 divulga un sistema que consta de una pluralidad de sensores cinemáticos fijados a un bogie de manera que miden la respuesta vibracional del bogie, siendo las vibraciones sintomáticas del estado de usura del bogie. Un módulo a bordo realiza una Transformada de Fourier de las señales brutas para obtener una señal en frecuencia, que se transmite después a un calculador en tierra. Otras informaciones se transmiten igualmente a tierra, tales como la posición del tren y la velocidad de éste. En tierra, el calculador clasifica una señal en frecuencia en un histograma en función de la velocidad del tren en el momento de la adquisición de esta señal. La comparación de este histograma con un histograma de referencia permite la generación de un indicador que, si es superior a un umbral, desencadena una alarma, por ejemplo de mantenimiento. El documento US2014200827D2 divulga un sistema de vigilancia de las vías por medio de la adquisición de datos brutos de diferente naturaleza (cinemáticos, ópticos, etc.) a través de sensores a bordo de un tren dedicado a la vigilancia de las vías. Los datos brutos se formatean en datos de detección y después se transfieren a un calculador en tierra. Este agrega los datos de detección para determinar la amplitud de un tipo de deterioro vigilado. El calculador analiza esta amplitud utilizando un modelo que depende del tipo de deterioro vigilado y que asocia a una amplitud, una tasa de evolución del deterioro de la vía.
- 45 **[0010]** El documento WO13121344 divulga un sistema de vigilancia de las vías férreas que determina, a partir del análisis de imágenes en vídeo recogidas por diferentes cámaras, algunas de ellas a bordo de trenes, un grado de vulnerabilidad de la vía. Este indicador se tiene en cuenta para realizar el mantenimiento de la vía. Un módulo a bordo realiza un preanálisis de las imágenes adquiridas por las cámaras antes de transmitir las a tierra, con una información de localización. El análisis en tierra de las imágenes preanalizadas prevé la comparación de éstas con las imágenes de referencia.
- 50 **[0011]** El documento WO13121344 divulga un sistema de vigilancia de las vías férreas que determina, a partir del análisis de imágenes en vídeo recogidas por diferentes cámaras, algunas de ellas a bordo de trenes, un grado de vulnerabilidad de la vía. Este indicador se tiene en cuenta para realizar el mantenimiento de la vía. Un módulo a bordo realiza un preanálisis de las imágenes adquiridas por las cámaras antes de transmitir las a tierra, con una información de localización. El análisis en tierra de las imágenes preanalizadas prevé la comparación de éstas con las imágenes de referencia.
- 55 **[0012]** El documento WO13121344 divulga un sistema de vigilancia de las vías férreas que determina, a partir del análisis de imágenes en vídeo recogidas por diferentes cámaras, algunas de ellas a bordo de trenes, un grado de vulnerabilidad de la vía. Este indicador se tiene en cuenta para realizar el mantenimiento de la vía. Un módulo a bordo realiza un preanálisis de las imágenes adquiridas por las cámaras antes de transmitir las a tierra, con una información de localización. El análisis en tierra de las imágenes preanalizadas prevé la comparación de éstas con las imágenes de referencia.
- 60 **[0013]** El documento WO13121344 divulga un sistema de vigilancia de las vías férreas que determina, a partir del análisis de imágenes en vídeo recogidas por diferentes cámaras, algunas de ellas a bordo de trenes, un grado de vulnerabilidad de la vía. Este indicador se tiene en cuenta para realizar el mantenimiento de la vía. Un módulo a bordo realiza un preanálisis de las imágenes adquiridas por las cámaras antes de transmitir las a tierra, con una información de localización. El análisis en tierra de las imágenes preanalizadas prevé la comparación de éstas con las imágenes de referencia.
- 65 **[0014]** El documento WO13121344 divulga un sistema de vigilancia de las vías férreas que determina, a partir del análisis de imágenes en vídeo recogidas por diferentes cámaras, algunas de ellas a bordo de trenes, un grado de vulnerabilidad de la vía. Este indicador se tiene en cuenta para realizar el mantenimiento de la vía. Un módulo a bordo realiza un preanálisis de las imágenes adquiridas por las cámaras antes de transmitir las a tierra, con una información de localización. El análisis en tierra de las imágenes preanalizadas prevé la comparación de éstas con las imágenes de referencia.

**[0011]** La presente invención tiene como objetivo ofrecer un sistema de vigilancia mejorada.

**[0012]** A este efecto, la invención tiene por objeto un sistema de vigilancia de las condiciones de explotación de un vehículo ferroviario conforme a las reivindicaciones.

5

**[0013]** La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo y realizada en referencia a los dibujos anexos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática de la arquitectura material del sistema según la invención;

10

- la figura 2 es una representación esquemática del componente a bordo del sistema de la figura 1;

y,

15

- la figura 3 es una representación del tratamiento efectuado por el sistema de la figura 1.

**[0014]** De manera general el sistema de vigilancia 1 según la invención consta de un componente a bordo 10 y de un componente en tierra 20, siendo comunicados los datos recogidos por el componente a bordo 10 al componente en tierra 20, a través de una infraestructura de radiocomunicación 6.

20

**[0015]** De manera conocida en sí, la infraestructura de comunicación 6 consta de, a bordo de cada tren de la flota, un módulo de transmisión 11 propio para establecer una comunicación sin cables con una estación de base 7, conectada a una red alámbrica 8. Estando el componente en tierra 20 conectada por otra parte a la red 8.

25

**[0016]** El componente a bordo 10 consta de un dispositivo de geolocalización y de una pluralidad de dispositivos de medición acoplados a una pluralidad de sensores de manera que efectúen mediciones en tiempo real y en continuo de varias magnitudes físicas pertinentes. Estas magnitudes físicas se geolocalizan y se transmiten a el componente en tierra.

30

**[0017]** El componente en tierra 20 permite el tratamiento en tiempo real de las mediciones de estas magnitudes físicas pertinentes para, en una vigilancia a medio y largo plazo, evaluar indicadores de daños y de variación de daños y para, en una vigilancia a corto plazo, detectar eventos excepcionales.

35

**[0018]** Como se representa en la figura 2, para cada tren 2 de una flota de trenes, el componente a bordo 10 consta de una pluralidad de sensores 12. Estos sensores son eventualmente redondeados. Se eligen por su pertinencia en la medición del estado instantáneo de explotación de un componente particular del tren 2, de la vía férrea 3, o de la catenaria (no representada en las figuras), etc. Esta elección puede resultar de una primera campaña de pruebas, que permite la selección de un grupo de sensores dentro de un amplio abanico de sensores posibles.

40

**[0019]** Como se representa en la figura 2, un sensor puede ser un acelerómetro 12.1, un medio óptico de vigilancia de la vía 12.2, un sensor de medición de la corriente 12.3, un acelerómetro 12.4, un medio de obtención de imágenes de la superficie de un raíl 12.5, un acelerómetro 12.6, un medio de obtención de imágenes de soldaduras entre raíles 12.7, una cámara 12.8, un sistema láser 12.9, etc.

45

**[0020]** El componente a bordo 10 consta de varios módulos 14 de acondicionamiento de las señales brutas entregadas por los diferentes sensores 12. Un módulo 14 asocia, por medio de una función matemática adaptada, varias señales brutas entrantes para generar una señal formateada de salida, propia para ser explotada directamente por módulos del componente en tierra 20, como se describirá después.

50

**[0021]** Por ejemplo, en la figura 2, el módulo 14.1 genera una señal formateada que corresponde al estado instantáneo de la vía férrea. Esta señal se elabora a partir de las señales brutas entregadas por los sensores 12.1 y 12.2.

55

**[0022]** Por ejemplo, el módulo 14.2 genera una señal formateada que corresponde al estado instantáneo de la superficie de un raíl. Esta señal se elabora a partir de las señales brutas entregadas por los sensores 12.3 a 12.5.

60

**[0023]** Por ejemplo, el módulo 14.3 genera una señal formateada que corresponde al estado instantáneo de las soldaduras entre dos raíles sucesivos. Esta señal se elabora a partir de las señales brutas entregadas por los sensores 12.6 y 12.7.

65

**[0024]** Por ejemplo, el módulo 14.4 genera una señal formateada que corresponde al estado instantáneo de dilatación de las soldaduras entre dos raíles sucesivos. Esta señal se elabora a partir de las señales brutas entregadas por los sensores 12.6 y 12.7.

65

**[0025]** Por ejemplo, el módulo 14.5 genera una señal formateada que corresponde al estado instantáneo de la

catenaria. Esta señal se elabora a partir de las señales brutas entregadas por los sensores 12.8 y 12.9.

**[0026]** Estas señales formateadas se transmiten al componente en tierra 20 a través de la infraestructura de radiocomunicación 6.

5

**[0027]** Ventajosamente, cada módulo 14 consta de una memoria intermedia que permite la grabación de las señales entrantes en una ventana de tiempo parametrizable. Esta ventana posee por ejemplo, una duración de algunas horas de manera que permite retomar el tratamiento de las señales brutas en caso por ejemplo, de una interrupción de la comunicación tren/tierra.

10

**[0028]** El componente a bordo 10 consta igualmente de un módulo 13 de localización por satélite del tipo GPS, de manera que pueda etiquetar geográficamente las señales formateadas entregadas en cada momento por los diferentes módulos 14.

15 **[0029]** El componente en tierra 20 está constituida por ejemplo, por un ordenador central 22, tal como se representa en la figura 1.

**[0030]** Este ordenador central 22 es propio para ejecutar diferentes módulos de programas 24, para la puesta en marcha del procedimiento representado en la figura 3.

20

**[0031]** Así, el ordenador central 22 consta de un módulo 24.1 de reducción en tiempo real del flujo de datos, que reduce considerablemente la cantidad de datos correspondientes a las señales formateadas procedentes del componente a bordo 10 de un tren 2 particular.

25 **[0032]** Para hacer esto, el módulo 24.1 es propio para tener en cuenta una señal formateada en función de su amplitud. Más precisamente, el módulo 24.1 utiliza una matriz de ocurrencias  $M$ , que es una matriz cuadrada con  $N$  columnas  $C_i$ . Por ejemplo la matriz  $M$  es una matriz  $64 \times 64$ . Una columna  $C_i$  corresponde a una señal formateada particular, estando cada elemento  $m_{i,j}$  de la columna  $C_i$  asociado a un intervalo de amplitud máxima  $d_j$  de la señal formateada correspondiente. El valor del elemento  $m_{i,j}$  es igual al número de ocurrencias de la señal formateada asociada a la columna  $C_i$  cuya amplitud máxima se sitúa en el intervalo  $d_j$ . La matriz de ocurrencias  $M$  contabiliza, para cada tipo de señal formateada, las diferentes formas

30

de la señal formateada. La matriz  $M$  será explotada para una vigilancia a medio o largo plazo de un componente mediante un calculador 70 propio para calcular los daños  $D$  que afectan al tren vigilado.

35

**[0033]** El ordenador central 22 consta de un módulo 24.2 de detección de eventos excepcionales  $E$  para la vigilancia a corto plazo. Un evento excepcional  $E$  se define cuando una señal formateada dada supera un límite en amplitud. Este límite se define previamente mediante un operador durante la configuración del sistema de vigilancia, a través de una interfaz de usuario. Ventajosamente, este límite es una función de la posición del tren a lo largo de la vía con respecto a un origen predefinido. Definiendo un límite elevado para un intervalo de posiciones a lo largo de la vía donde se sabe que existe un defecto, y un límite débil en otra parte, es posible detectar el advenimiento de nuevos defectos en la vía.

40

**[0034]** El ordenador central consta de un módulo 24.3 de reconocimiento de la vía en la que circula el tren 2 en el momento actual, a partir de la posición instantánea  $P$  entregada por el módulo de localización por satélite 13 del tren 2 y de un conjunto de cartografías de la red ferroviaria en la que el tren circula.

45

**[0035]** El ordenador central 22 consta de un módulo de daños 24.4 propio para calcular, a partir del valor corriente de la matriz de ocurrencias  $M$ , mantenida al día por el módulo 24.1 y de las informaciones de posición geográfica del tren y de reconocimiento de la vía actualizadas por el módulo 24.3, pudiendo afectar una magnitud  $D$  relativa a un daño mecánico a un componente vigilado. El módulo 24.4 utiliza para ello un modelo de fatiga del componente vigilado. Este modelo se elige de entre un catálogo de modelos posibles, en función del tipo de daños que se vigilan: daños debidos al paso por túneles, daños por cruces en el exterior, etc.

50

55 **[0036]** El ordenador central 22 consta de un módulo de variación de daños 24.5 propio para calcular, con respecto al tiempo o a la distancia recorrida por el tren, o incluso para una vía o un perfil de vía dado, una variación de un daño  $D$  a partir de una pluralidad de valores de la magnitud de daños  $D$  en salida del módulo 24.4.

**[0037]** El ordenador central 22 consta de una interfaz hombre/máquina que permite a un operador interactuar con el sistema, por ejemplo para definir los valores de umbral de alerta para los daños o sus variaciones y los umbrales para la definición de eventos excepcionales, o incluso para la inicialización de la matriz de ocurrencias  $M$ .

60

**[0038]** El ordenador central 22 consta de un módulo 26 de supervisión propio para comparar, en cada momento, el valor de un daño  $D$  o el valor de una variación de daños  $\Delta D$  con respecto a un umbral de alerta. En caso de superación de este umbral de alerta, el módulo 26 es propio para generar una alerta de mantenimiento.

65

**[0039]** Finalmente, el componente en tierra consta de una base de datos 23 que registra:

5 - los diferentes daños D calculados por el módulo de cálculo de daños 24.4 y el módulo de cálculo de variaciones: daños absolutos, relativos, por la vía, etc.

10 - las variaciones primeras y eventualmente segundas de los daños, con respecto a la distancia recorrida o al tiempo o a otros parámetros. Ello permite caracterizar la velocidad de degradación y por tanto prever la siguiente fase de mantenimiento del material rodante y/o de la vía afectada, y eventualmente detectar una aceleración de la degradación que necesite una anticipación de la fase de mantenimiento para realizar una intervención rápida del tipo que garantice la seguridad.

**[0040]** Los indicadores calculados por el presente sistema son más pertinentes que el solo kilometraje recorrido por el tren.

15 **[0041]** El sistema analiza a la vez los eventos de duración de vida corta (defectos locales de aparatos de vías que generan solicitudes anormales, aproximaciones con exceso de velocidad, movimiento de vías, etc.) y los eventos de duración de vida larga (envejecimiento de las vías y del material).

20 **[0042]** Gracias a estos indicadores, la duración de vida y/o el paso de mantenimiento del tren se pueden optimizar, sobre todo adaptando el perfil de misión con respecto a un indicador correspondiente a un índice de solicitud de las vías.

25 **[0043]** Además, los datos factuales sobre la calidad de las vías de la red se obtienen para proceder al mantenimiento de las vías.

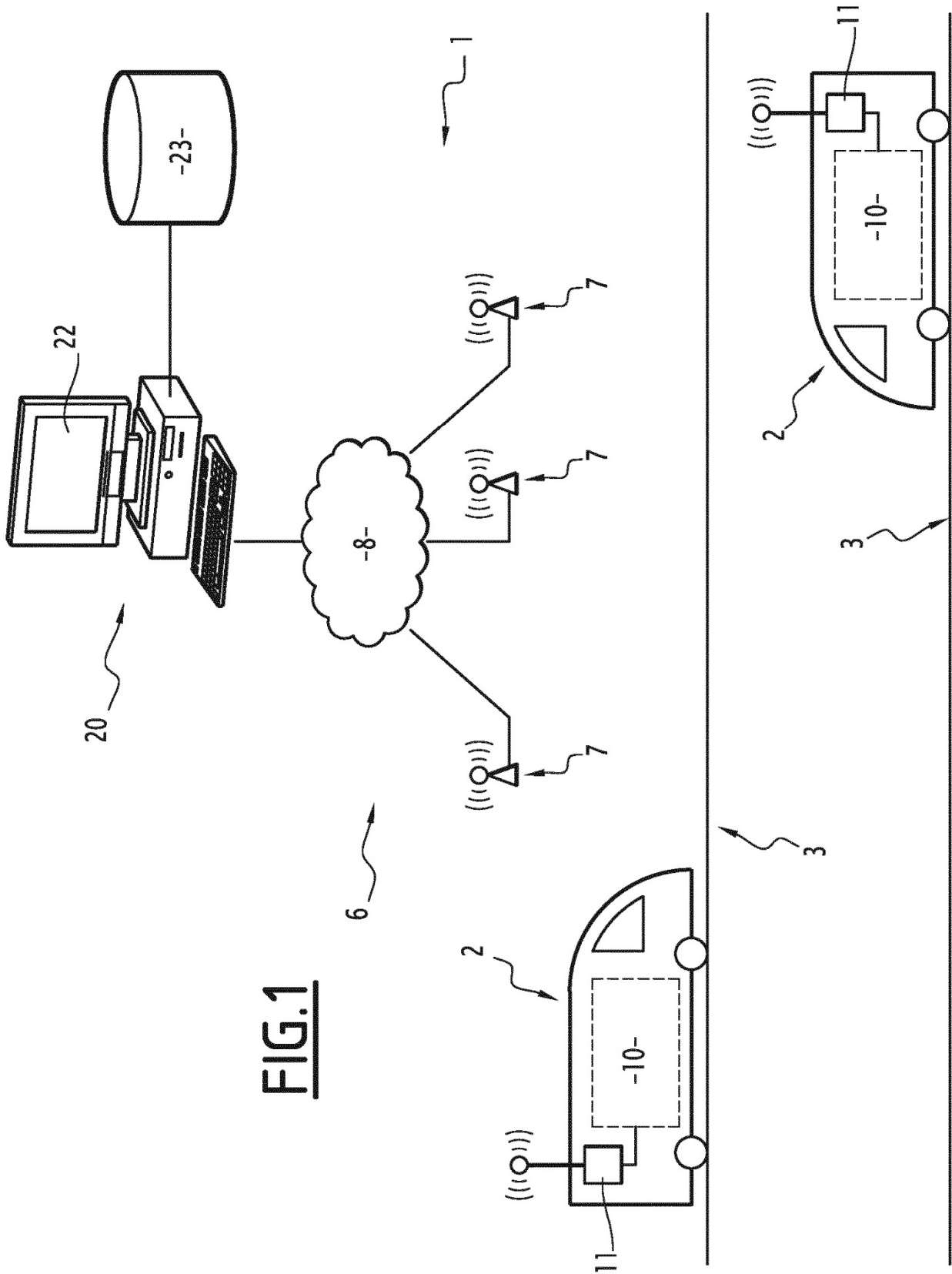
**[0044]** Así, esta vigilancia permite realizar la optimización del mantenimiento de una flota de trenes y detectar cualquier aparición de defectos de la vía que degraden anormalmente el confort de los pasajeros y la duración de la vida del tren.

30 **[0045]** Por otra parte, el constructor puede disponer de elementos objetivos con respecto a una garantía sobre el material. Las garantías contractuales pueden por tanto estar sujetas a cláusulas de explotación que pueden ser vigiladas mediante el sistema según la invención.

35 **[0046]** El enriquecimiento progresivo de la base de datos define a la larga unas hipótesis de explotación más realistas para el dimensionamiento de los futuros productos.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema 1 de vigilancia de las condiciones de explotación de un vehículo ferroviario 2, que consta de un componente a bordo 10 a bordo de dicho vehículo ferroviario, integrando un dispositivo de geolocalización 13, una pluralidad de sensores 12 elegidos por su pertinencia para medir un estado momentáneo de explotación de un componente vigilado de dicho vehículo ferroviario, y al menos de un módulo 14 de formación de las señales brutas de medición entregadas por uno o varios de dichos sensores para generar al menos una señal formateada correspondiente a dicho estado momentáneo de explotación de dicho componente vigilado, y de un componente en tierra 20, que integra un calculador propio para analizar al menos dicha señal formateada, para generar al menos un indicador relativo a dicho componente vigilado, permitiendo este indicador detectar daños y seguir sus variaciones para optimizar un mantenimiento de dicho componente vigilado, donde el calculador consta de un módulo de cálculo de daños 24.4 propio, a partir al menos de dicha señal formateada y de un modelo de fatiga de dicho componente vigilado, para calcular dicho indicador de daños, **caracterizado porque** el componente en tierra 20 consta de un módulo de reducción 24.1 en tiempo real del flujo de datos que utiliza una matriz de ocurrencias M que contabiliza, para cada tipo de señal formateada, las diferentes formas de la señal formateada en función de su amplitud, tomando dicha matriz de ocurrencia M como entrada al menos dicha señal formateada, utilizando el módulo de daños 24.4 como entrada dicha matriz, y **porque** dicha matriz de ocurrencia M es una matriz cuadrada de N columnas  $C_i$ , donde una columna  $C_i$  corresponde a una señal formateada particular, estando cada elemento  $m_{i,j}$  de la columna  $C_i$  asociado a un intervalo de amplitud máxima  $d_j$  de la señal formateada correspondiente, y donde el valor del elemento  $m_{i,j}$  es igual al número de ocurrencias de la señal formateada asociada a la columna  $C_i$  cuya amplitud máxima se sitúa en el intervalo  $d_j$ .
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el componente en tierra 20 consta de un módulo de variación de daños 24.5 propio, a partir de varios valores del indicador de daños obtenidos en salida del calculador de daños 24.4, para calcular una variación de dicho indicador.
3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que consta de un módulo de supervisión 26 propio para comparar, en cada momento, el valor del indicador de daños calculado por el módulo de daños 24.4 y/o el valor de una variación del indicador de daños calculado por el módulo de variación de daños 24.5, con respecto a un umbral de alerta, y, en caso de superación de dicho umbral de alerta, el módulo de supervisión 26 es propio para generar una alerta.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que consta de una base de datos 23 de almacenamiento de los valores de los indicadores de daños y/o de los indicadores de variación de daños, de preferencia etiquetados en función del tiempo y/o de la localización geográfica.



**FIG. 1**

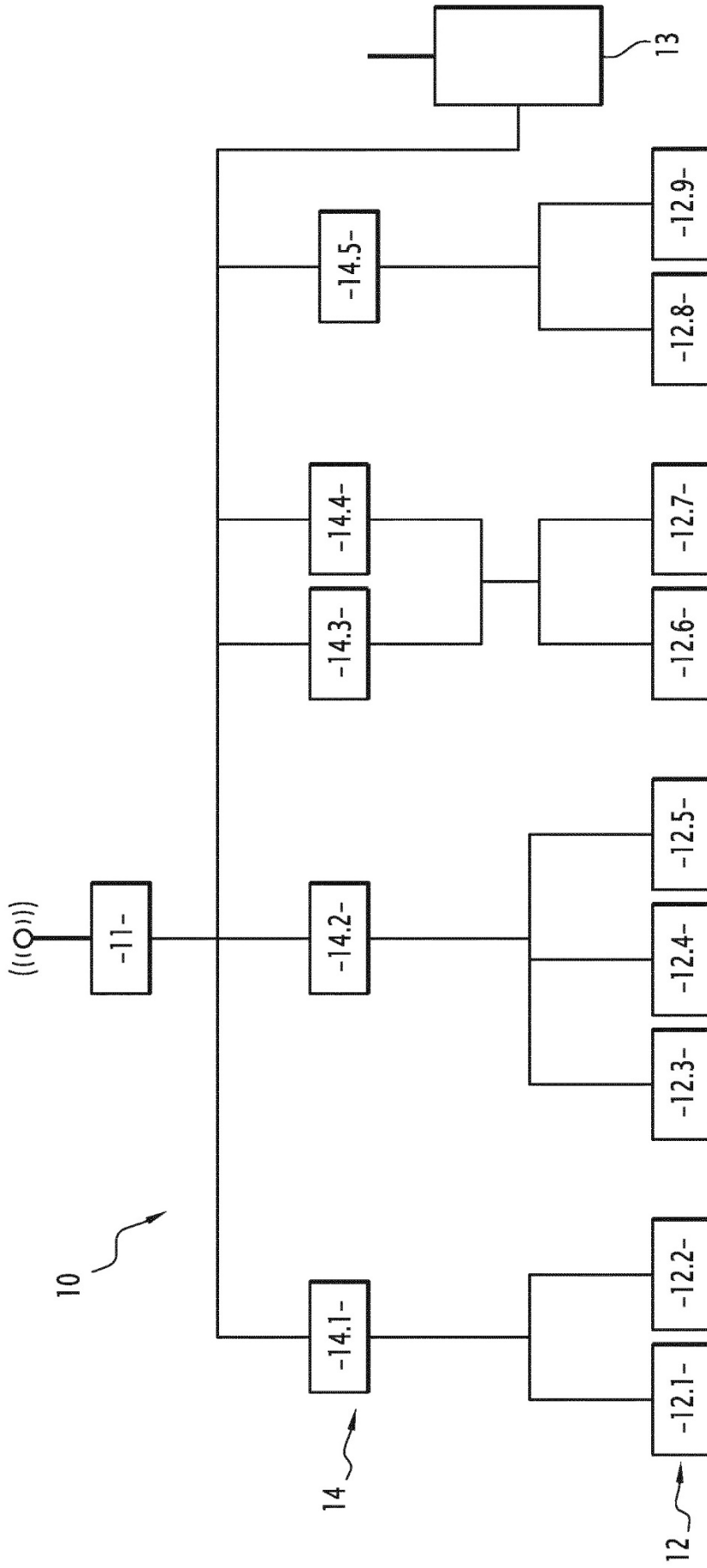
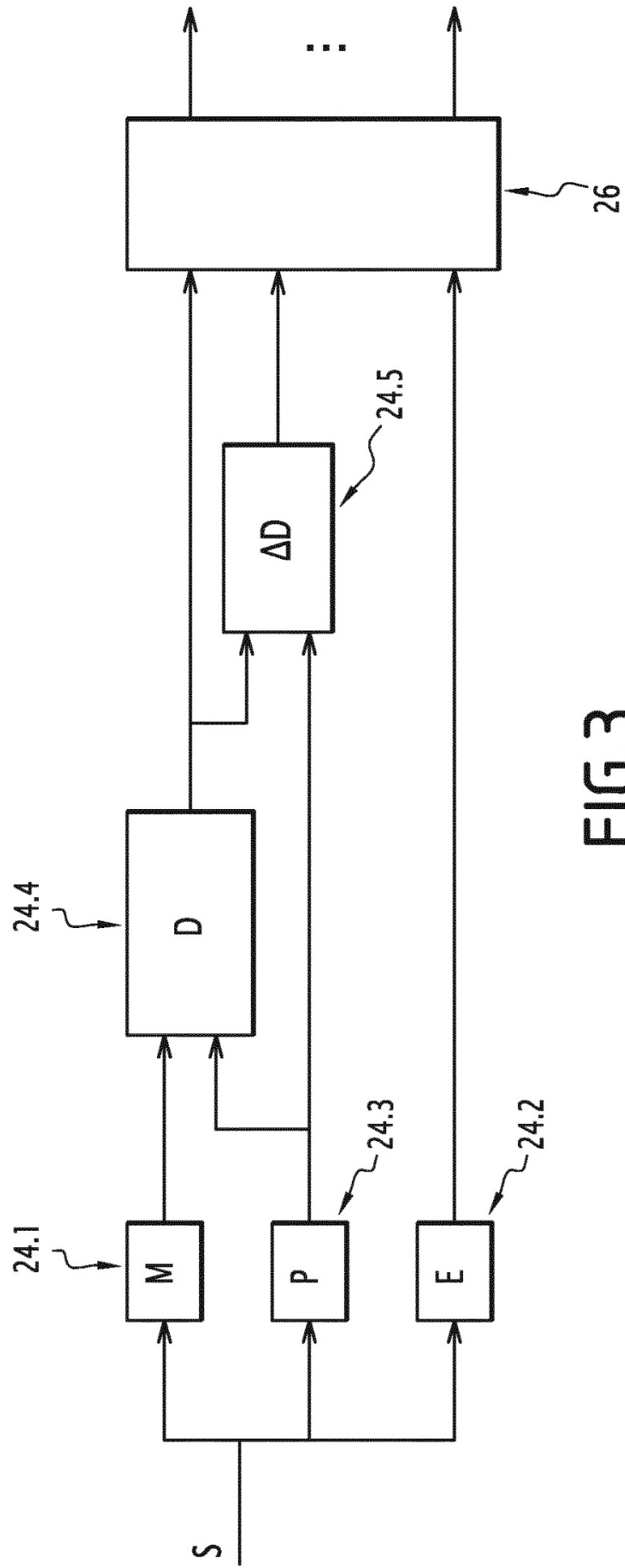


FIG.2





**FIG.3**