(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 987 302**

(51) Int. Cl.:

B60T 17/22 (2006.01)
B61L 15/00 (2006.01)
B61L 27/00 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.08.2021 PCT/IB2021/057936**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2022 WO22043964**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2021 E 21778218 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2024 EP 4204265**

(54) Título: **Sistema de frenado para al menos un vehículo ferroviario y arquitectura de señalización ferroviaria**

(30) Prioridad:

31.08.2020 IT 202000020677

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.11.2024

(73) Titular/es:

FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.P.A. (100.0%)
Via Volvera 51
10045 Piossasco (TO), IT

(72) Inventor/es:

IMBERT, LUC y
FREA, MATTEO

(74) Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

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 frenado para al menos un vehículo ferroviario y arquitectura de señalización ferroviaria

Campo técnico

Esta invención se sitúa generalmente en el campo de los sistemas de gestión, control y protección del tráfico ferroviario y la señalización de vehículo a bordo relacionada, ERTMS/ETCS (Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario/Sistema Europeo de Control de Trenes); en particular, la invención se refiere a un sistema de frenado para al menos un vehículo ferroviario y a una arquitectura de señalización ferroviaria.

Técnica anterior

El rendimiento de un vehículo ferroviario durante su funcionamiento está relacionado con la infraestructura ferroviaria sobre la que circula y el rendimiento de dicho vehículo ferroviario.

El vehículo ferroviario y la infraestructura ferroviaria están conectados mediante un sistema de señalización, que permite el control y gestión del vehículo ferroviario, garantizando una operación segura.

Hoy en día existen muchos tipos de vehículos ferroviarios con diferentes características y lo mismo puede decirse de los sistemas de señalización.

La mayoría de los nuevos vehículos de tránsito ferroviario se denominan trenes gamma y tienen una composición fija, un número específico de vehículos ferroviarios y un conjunto conocido de dispositivos de frenado.

El sistema de señalización es el puente entre el vehículo ferroviario y la infraestructura ferroviaria y forma parte de ambos.

Los sistemas de señalización conocidos típicamente comprenden al menos un sistema de señalización en vía, TS, y al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB.

El sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, está incluido en el vehículo ferroviario. El sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, se comunica con la cadena principal del al menos un vehículo ferroviario, recibiendo y enviando información a varios subsistemas de vehículos ferroviarios, y también se comunica con el sistema de señalización en vía, TS.

El sistema de señalización en vía, TS, está comprendido en la infraestructura ferroviaria y se comunica con una red de infraestructura y el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB.

La relación entre la velocidad del al menos un vehículo ferroviario y la distancia recorrida por el al menos un vehículo ferroviario durante el frenado se denomina curva de frenado.

Los sistemas de señalización actuales y pasados se basan principalmente en el concepto de bloque fijo, donde los parámetros para determinar la curva de frenado se basan en parámetros predefinidos determinados durante la construcción del al menos un vehículo ferroviario o tren.

Dichos sistemas de señalización en vía, TS, y sistemas de señalización de vehículo a bordo, OB, están dispuestos para determinar dicha curva de frenado. A partir de la curva de frenado se puede determinar después la distancia de parada de dicho vehículo ferroviario.

Como se ha explicado anteriormente, esta curva de frenado se determina para cada vehículo ferroviario en función de parámetros predeterminados, cuyo valor está predefinido en el momento de la fabricación del vehículo ferroviario.

En cuanto al caso de condiciones ambientales desfavorables, se utiliza usualmente un factor de corrección para casos de bajo coeficiente de adhesión. En la industria ferroviaria, este factor de corrección se conoce comúnmente como $K_{húmedo}$.

En el estado de la técnica, a dicho factor correctivo $K_{húmedo}$ se le asigna un valor predeterminado para garantizar que, incluso en condiciones ambientales desfavorables, la distancia de parada determinada sea suficiente para garantizar el mantenimiento de la seguridad. Por consiguiente, el valor de este factor correctivo $K_{húmedo}$ se define usualmente considerando que existe una condición de baja adhesión.

Como se explicó anteriormente, los sistemas de señalización se basan principalmente en el concepto de bloque fijo, donde los parámetros para determinar la curva de frenado se basan en parámetros predefinidos determinados durante la construcción de al menos un vehículo ferroviario o tren. Por lo tanto, también el valor de este factor de corrección $K_{húmedo}$ sólo se define durante la construcción del al menos un vehículo ferroviario o tren.

Como resultado, durante el estado de funcionamiento normal del vehículo ferroviario, incluso cuando el vehículo ferroviario no se encuentra en condiciones ambientales favorables, la curva de frenado determinada por el al menos un sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, será una curva de frenado no real degradada, lo que daría cuenta de la presencia de dichas supuestas condiciones ambientales desfavorables, que en realidad no se presentan.

Como resultado, el sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, asignarían al vehículo ferroviario una distancia de parada mayor que la que el vehículo ferroviario realmente podría alcanzar en condiciones ambientales más favorables.

Por otro lado, con respecto al caso en donde exista al menos una falla a nivel del vehículo ferroviario, además del factor de corrección $K_{húmedo}$, para la determinación de la curva de frenado por parte del al menos un sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, también se pueden utilizar otros parámetros predeterminados, cuyo valor está nuevamente predeterminado en el momento en que se fabrica el vehículo ferroviario.

En tal caso, la curva de frenado determinada por el al menos un sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, será una curva de frenado adicional degradada, que también tendría en cuenta la posible presencia de dicha al menos una falla.

Como resultado, incluso cuando el vehículo ferroviario no tenga ninguna falla, la curva de frenado determinada por el al menos un sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, será una curva de frenado degradada no real que tiene en cuenta la presencia de dicha presunta falla.

En este caso, el sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, asignarían por lo tanto a dicho vehículo ferroviario una distancia de parada mayor que la que el vehículo ferroviario realmente podría alcanzar en ausencia de fallas o condiciones ambientales favorables.

La Figura 1 muestra en la parte superior la distancia de parada D1 determinada por el sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, a la luz de dichos parámetros predeterminados, y en la parte inferior, la distancia de parada real D2 del vehículo ferroviario RV en ausencia de fallas.

La determinación de una curva de frenado degradada y la consiguiente asignación de una distancia de parada más larga a dicho vehículo ferroviario dan como resultado un manejo desventajoso de, por ejemplo, el tráfico en la línea ferroviaria. En efecto, los vehículos ferroviarios se verán obligados a recorrer entre sí distancias mayores de las necesarias.

A continuación, se proporciona de forma genérica un posible ejemplo de cálculo de una curva de frenado. El cálculo de la curva de frenado se describe, por ejemplo, en la especificación ETCS (ERTMS/ETCS, Subconjunto 026-3, Subconjunto 026-7).

Usualmente, una curva de frenado se genera mediante el cálculo de frenado realizado por el sistema de señalización de vehículo a bordo OB. El cálculo de la curva de frenado se basa en parte en dicho factor de corrección $K_{húmedo}$ en caso de un bajo coeficiente de adhesión. Este factor de corrección depende usualmente de la velocidad $K_{húmedo}(V)$ y dicho vehículo.

Algunos ejemplos de parámetros que pueden impactar en el cálculo de la curva de frenado son, por ejemplo:

- desaceleración segura, relevante para la seguridad: A_SEGURO (V, d): Depende de la velocidad y la distancia, dependiente del vehículo ferroviario;

- desaceleración segura del freno de emergencia: A_FRENO_SEGURO (V,d): Depende de la velocidad y la distancia, depende del vehículo;

- desaceleración del freno de emergencia: A_FRENO_EMERGENCIA (V, d): Depende de la velocidad y la distancia, depende del vehículo;

- coeficientes de los niveles de confianza: M_NVEBCL: Valor nacional, dependiente de la línea ferroviaria;

- rendimiento de frenado del vehículo: $K_{seco}(V, M_NVEBCL)$: Depende de la velocidad y el nivel de confianza, depende del vehículo;

- factor de ponderación para la adhesión disponible entre ruedas y rieles: M_NVAVADH: Valor nacional, dependiente de la línea ferroviaria;

– factor de adhesión: M_ADHESIÓN: Coeficiente del riel, dependiente del riel;

– tipo de condición del riel: M_CONDVÍA: puede desactivar ciertos tipos de frenos, dependiendo del riel;

– frenos especiales (EP, MTB, corrientes de Foucault, ED): Se utiliza para afectar al tiempo de preparación de frenos y desaceleración, dependiendo del vehículo ferroviario;

– desaceleración máxima en condiciones de adhesión reducida (mu <0,06): A_MÁXREDADH: Según la ubicación del freno y frenos especiales, valor nacional.

En el estado de la técnica, la desaceleración del freno de emergencia y los coeficientes K_{seco} y $K_{húmedo}$ que afectan al cálculo general de la distancia de frenado y al rendimiento general del vehículo ferroviario se miden durante la puesta en servicio o se calculan fuera de línea mediante simulaciones de Monte Carlo.

La fórmula que se puede utilizar es

$$A_{seguro}(v,d) = A_{freno\ seguro}(v,d) + A_{gradiente}(d) \quad (1)$$

La desaceleración segura A_{seguro} se basa en la desaceleración segura del freno de emergencia $A_{freno\ seguro}$ y en la desaceleración del gradiente $A_{gradiente}$ para ubicaciones con condiciones de adhesión normales.

$$A_{seguro}(v,d) = \mathrm{MIN}\left(A_{freno_{seguro}}(v,d), A_{MÁXREDADH}\right) + A_{gradiente}(d) \quad (2)$$

La desaceleración segura A_{seguro} se basa en el valor mínimo entre la desaceleración segura del freno de emergencia $A_{freno\ seguro}$ y la desaceleración máxima en condiciones de adhesión reducida $A_{MÁXREDEDADH}$ y desaceleración del gradiente $A_{gradiente}$ para posiciones con condiciones de adhesión reducidas.

$$A_{freno_{seguro}}(v,d) = A_{freno\ de\ emergencia}(v,d) \times K_{seco_{rst}}(v, M_NVEBCL) \times [K_{húmedo_{rst}}(v) + M_NVAVADH \times (1 - K_{húmedo_rst})] \quad (3)$$

$A_{FRENOseguro}$ es la desaceleración que el vehículo ferroviario es capaz de alcanzar en función de la velocidad y la distancia. La ecuación muestra que depende de $A_{freno\ de\ emergencia}$ en función de la velocidad y la distancia. Los valores dependen del tipo especial de freno que se puede utilizar durante el frenado.

El tipo especial de dispositivo de frenado que puede utilizarse está obviamente determinado por la presencia o ausencia de dicho dispositivo de frenado especial, pero también por el valor de $M_{CONDVÍA}$. En efecto, esta variable representa la inhibición de algún tipo de dispositivo de frenado especial en una porción de la vía.

La ecuación también depende de K_{seco} en función de la velocidad y el nivel de confianza. El nivel de confianza es el objetivo para la confiabilidad del K_{seco} coeficiente. Se utiliza para tener en cuenta la tasa de fallas de una pieza de equipo y la distribución alrededor del valor esperado.

La ecuación también depende de $K_{húmedo}$ en función de la velocidad. El coeficiente $K_{húmedo}$ se basa en pruebas de campo según la norma EN15595 durante las cuales se evalúa el rendimiento del sistema WSP ("Wheel Slip Protection", protección contra deslizamiento de ruedas) y se monitoriza la extensión de la distancia de frenado. La distancia de frenado se convierte después al coeficiente $K_{húmedo}$.

La ecuación también depende de $M_{NVAVADH}$ y este valor se utiliza para permitir la modulación del coeficiente $K_{húmedo}$ por el operador.

Las fórmulas anteriores son sólo un ejemplo de las diversas fórmulas posibles para calcular la distancia total de frenado.

Los siguientes son algunos casos ilustrativos:

Caso 1:

Los siguientes datos proporcionan un ejemplo del uso de las diferentes variables y su impacto (basado en datos reales de campo):

$M_{NVAVADH}$ = 0 | $K_{húmedo}$ se considera completamente en la fórmula (3) anterior;

$K_{húmedo}$ = 0,7 | $K_{húmedo}$ se determina según la norma EN15595;

$M_{ADHESIÓN}$ = 1 | El riel no es resbaladizo;

K_{seco} = 0,8 | K_{seco} calculado en función del nivel EBCL, se considera 1 falla;

$A_{MÁXREDADH}$ = 0,5 | No es relevante en esta situación ya que el riel no está resbaladizo;

Con las variables configuradas como se ha descrito anteriormente, el sistema es resiliente ante la primera falla porque la falla se consideró calculando el K_{seco} para la condición de funcionamiento nominal. Esta consideración también degrada el rendimiento alcanzable en condiciones nominales reales (sin falla).

Con las variables configuradas como se ha descrito anteriormente, el sistema debería funcionar a una velocidad más lenta a partir de la segunda falla, afectando así al servicio operativo.

Con las variables configuradas como se indicó anteriormente, en condiciones normales de marcha en seco, la distancia de frenado siempre considera la degradación de la distancia de frenado en función de las condiciones de baja adhesión definidas en la norma EN15595.

Caso 2:

Considerando ahora este segundo conjunto de datos:

$M_{NVAVADH}$ = 0 | $K_{húmedo}$ se considera completamente en la fórmula (3) anterior;

$K_{húmedo}$ = 0,7 | $K_{húmedo}$ se determina según la norma EN15595;

$M_{ADHESIÓN}$ = 0 | el riel está resbaladizo;

K_{seco} = 0,8 | K_{seco} calculado en función del nivel EBCL, se considera 1 falla;

$A_{MÁXREDEDADH}$ = 0,3 | relevante en esta situación ya que el riel está resbaladizo;

Con las variables configuradas como se ha descrito anteriormente, el riel está resbaladizo y el valor mínimo entre la desaceleración segura del freno de emergencia y $A_{MÁXREDADH}$ se utiliza para determinar la desaceleración segura.

Considerando que A_MÁXREDADH es el mínimo, K_{seco} y $K_{húmedo}$ ya no se utilizan, y la desaceleración utilizada no depende ni de la adhesión real ni de una falla del equipo.

El documento KR 102 088 409 B1 se refiere a un sistema de control de maniobras automático y un método de control del mismo, el documento WO 2020/118373 A1 se refiere a un sistema y método de monitorización de infraestructura ferroviaria y de transporte, el documento US 2016/075354 A1 se refiere a un aparato para advertir de exceso de velocidad límite en vehículos ferroviarios configurado para advertir por adelantado a un conductor o supervisor en caso de que un tren supere una velocidad límite de funcionamiento en un sistema de operación automática de trenes, el documento KR 101 945 971 B1 se refiere a un dispositivo para determinar la posición de un tren, el documento KR 101 456 534 B1 se refiere a un sistema de control y monitorización de trenes y el documento WO 2005/095175 A1 se refiere a un método y un aparato para gestionar el funcionamiento de trenes con el fin de minimizar los efectos de la baja adhesión, sin embargo, los problemas antes mencionados siguen sin resolverse.

Resumen de la invención

Un objetivo de esta invención es proporcionar una solución para informar a un sistema de señalización en vía, TS, y/o a un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, sobre el rendimiento real que puede alcanzar el vehículo durante el frenado, en tiempo real, dependiendo del estado de adhesión real de la línea por la que circula el al menos un vehículo ferroviario.

De este modo, el sistema de señalización en vía, TS, y/o el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, podrán utilizar la información recibida sobre el estado de adhesión para determinar el rendimiento que puede alcanzar el

vehículo ferroviario y ajustar el cálculo de las curvas de frenado y, por consiguiente, la distancia de parada, en función de las condiciones reales de trabajo del vehículo ferroviario.

Por ejemplo, en condiciones secas, el sistema de señalización en vía, TS, y/o el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, podrán determinar una distancia de frenado real que permitirá una distancia de frenado más corta que en el estado de la técnica, de modo que los vehículos puedan viajar más juntos, aumentando la capacidad general de la línea.

Por el contrario, en condiciones de baja adhesión, el sistema de señalización en vía, TS, y/o el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, darán como resultado una distancia de frenado mayor que en el caso anterior para garantizar distancias de parada seguras. En este caso, la distancia de frenado puede determinarse teniendo en cuenta la condición de adhesión real y el factor de corrección relativo $K_{húmedo}$ a aplicar al calcular la curva de frenado.

El nuevo sistema de señalización está orientado a bloques móviles y a la operación automática de trenes (ATO).

Los bloques móviles permiten modular el movimiento del vehículo según sus características y la presencia real de otros vehículos ferroviarios. Este tipo de sistema de señalización podrá tener en cuenta las características de cada vehículo.

Los objetos y ventajas mencionados anteriormente, y otros adicionales, se consiguen, según un aspecto de la invención, mediante un sistema de frenado para al menos un vehículo ferroviario que tiene las características definidas en la reivindicación 1 y 2 y por arquitectura de señalización ferroviaria que tiene las características definidas en la reivindicación 14. Las realizaciones preferidas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes, cuyo contenido debe entenderse como parte integral de la presente descripción.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán las características funcionales y estructurales de algunas realizaciones preferidas de un sistema de frenado para un vehículo para al menos un vehículo ferroviario y una arquitectura de señalización ferroviaria según la invención. Se hace referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- la Figura 1 ilustra a manera de ejemplo dos posibles curvas de frenado;
- la Figura 2 ilustra una realización de la invención;
- la Figura 2B ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de uso de información de adhesión;
- la Figura 3 ilustra tres posibles configuraciones de uso;
- la Figura 4 ilustra una realización en que la información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario se transmite de manera distribuida; y
- la Figura 5 ilustra una realización en que la información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario se transmite de forma centralizada.

Descripción detallada

Antes de explicar en detalle una serie de realizaciones de la invención, debe aclararse que la invención no se limita en su aplicación a los detalles de diseño y configuración de los componentes presentes en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención puede asumir otras realizaciones e implementarse o realizarse en la práctica de diferentes maneras. También debe entenderse que la fraseología y terminología tienen fines descriptivos y no deben interpretarse como restrictivas. El uso de “incluir” y “comprender”, y sus variaciones, debe entenderse que abarcan los elementos expuestos y sus equivalentes, así como elementos adicionales y sus equivalentes.

A continuación, se describe una primera realización de un sistema de frenado para al menos un vehículo ferroviario según la invención.

En esta primera realización, el sistema de frenado está dispuesto para proporcionar información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a al menos un sistema de señalización en vía, TS, o a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, o a ambos de al menos un sistema de señalización en vía, TS, y al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB. Dicha información sobre los factores respectivos que afectan al frenado del vehículo ferroviario incluye información sobre un factor de corrección que se aplicará a un valor predefinido de desaceleración nominal del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$.

Esta información sobre los respectivos factores que afectan al frenado de los vehículos ferroviarios se determina en tiempo real por el sistema de frenado. En particular, dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario no es estática y no son valores predeterminados definidos durante la construcción del vehículo ferroviario.

Por ejemplo, el sistema de frenado puede determinar en tiempo real el factor correctivo que se aplicará a un valor de desaceleración nominal predefinido del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$, a partir de, por ejemplo, un valor de adhesión asociado con un eje de dicho vehículo ferroviario. Por ejemplo, puede ser el mismo sistema de frenado el que determine el factor correctivo $k_{húmedo}$ midiendo el valor de adhesión de dicho un eje o leyendo o recibiendo el valor de adhesión de dicho un eje de un sistema/medio/dispositivo especial asociado con dicho sistema de frenado (por ejemplo, un sistema de “protección contra deslizamiento de ruedas”, WSP).

En una segunda realización, el sistema 100 de frenado está nuevamente dispuesto para proporcionar información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a al menos un sistema de señalización en vía TS, o a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo OB, o a ambos de al menos un sistema de señalización en vía TS y al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo OB.

A diferencia de la realización anterior, en esta segunda realización, la información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario incluye información sobre la adhesión disponible de al menos una rueda W del vehículo ferroviario y el riel R.

La información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario se determina nuevamente en tiempo real por el sistema de frenado.

En esta realización, el al menos un sistema de señalización en vía TS está dispuesto para determinar el factor correctivo que se aplicará a un valor predefinido de desaceleración nominal del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$, dependiendo de dicha información recibida sobre la adhesión disponible de la al menos una rueda W del vehículo ferroviario y el riel R. De forma adicional o alternativamente, el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo OB está dispuesto para determinar un factor de corrección que se aplicará a un valor de desaceleración nominal predefinido del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$, dependiendo de dicha información recibido sobre la adhesión disponible de al menos una rueda W del vehículo ferroviario y el riel R.

Preferiblemente, como se observa por ejemplo en la Figura 2, un sistema de frenado para al menos un vehículo ferroviario puede incluir al menos un dispositivo 102 de frenado.

Preferiblemente, para cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, la información sobre los factores respectivos que afectan al frenado del vehículo ferroviario puede incluir además al menos una de:

- información sobre un punto corredizo óptimo entre la rueda y el riel, determinado por el sistema 100 de frenado;
- información sobre la velocidad de al menos un vehículo ferroviario;
- información sobre una distancia de frenado determinada por el sistema (100) de frenado en función de la velocidad actual del al menos un vehículo ferroviario;
- información sobre la disponibilidad de uso de dicho al menos un dispositivo 102 de frenado;
- información sobre una desaceleración del vehículo ferroviario;
- información sobre un nivel de fuerza de frenado aplicada por al menos un dispositivo de frenado.

El término “proporcionar” a al menos un sistema de señalización en vía, TS, o a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, o a ambos del al menos un sistema de señalización en vía, TS, en esta invención, significa ambos cuando hay es una provisión directa y cuando hay una provisión indirecta obtenida a través de una provisión intermedia a uno o más medios, elementos/dispositivos o sistemas intermedios, por ejemplo, un sistema intermedio de control y gestión de trenes, TCMS (“TRAIN CONTROL & MANAGEMENT SYSTEM”) TCMS que recibe información del sistema de frenado y la transmite al el al menos un sistema de señalización en vía, TS, o al el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, o a ambos del al menos un sistema de señalización en vía, TS, y el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB.

Se puede entender por factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario todos aquellos aspectos internos del vehículo ferroviario o aspectos ambientales externos al vehículo ferroviario que pueden incidir en la acción de frenado del vehículo ferroviario.

La información sobre la adhesión disponible de al menos una rueda del vehículo ferroviario y del riel puede entenderse como información indicativa de la adhesión actualmente disponible de al menos una rueda del vehículo ferroviario y del riel, por ejemplo, detectada o determinada en tiempo real según algoritmos conocidos.

La información sobre un punto corredizo óptimo entre rueda y riel, determinada por el sistema de frenado, puede entenderse como información indicativa de un punto corredizo óptimo entre rueda y riel, por ejemplo, detectada o determinada en tiempo real según algoritmos conocidos. Los sistemas WSP modernos utilizan el punto corredizo del eje para mejorar el rendimiento de frenado en condiciones de baja adhesión. Este punto corredizo se puede determinar de varias maneras. Muchas de ellas requieren prueba y error para determinar el punto corredizo óptimo. Esto genera una pérdida de fuerza de frenado respecto a tener ya disponible el punto corredizo óptimo. El punto corredizo óptimo es información valiosa para el sistema de frenado porque puede afectar a la distancia general de desaceleración/frenado del vehículo.

Usando un principio similar al descrito para la información de adhesión, el punto corredizo óptimo puede compartirse entre dispositivos de frenado relacionados y dispositivos de señalización relacionados y luego enviarse de regreso a un vehículo ferroviario o tren posterior.

La información sobre un factor de corrección que debe aplicarse a un valor predefinido de desaceleración nominal de al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$, puede entenderse como información indicativa de un valor del factor de corrección en el caso de un coeficiente de baja adhesión.

La información sobre la velocidad de un vehículo ferroviario puede entenderse como información indicativa de una velocidad actual de un vehículo ferroviario detectada o determinada en tiempo real.

La información sobre una distancia de frenado determinada por el sistema de frenado a partir de la velocidad actual del vehículo puede entenderse como información indicativa de la distancia de frenado determinada por el sistema de frenado, según cualquier algoritmo conocido.

La información sobre la disponibilidad actual para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado se puede entender que significa, por ejemplo, información sobre si un determinado dispositivo de frenado es utilizable o no, por ejemplo, debido a una falla.

La información sobre una desaceleración actual del vehículo ferroviario puede entenderse como información que indica la desaceleración del vehículo ferroviario en tiempo real.

La información sobre un nivel de fuerza de frenado actual puede entenderse como información indicativa del nivel actual de frenado aplicado por los dispositivos de frenado. Esta información es, por ejemplo, el porcentaje de aplicación respecto a un nivel máximo de frenado posible. Esta información también podrá enviarse con fines de monitorización.

Esta información se puede utilizar para adaptar el cálculo de la distancia de frenado en función de la fuerza real transferida en lugar de la fuerza esperada que se transferirá. Esto haría que el cálculo de la distancia de frenado fuera más preciso.

Preferiblemente, el al menos un dispositivo de frenado es de tipo electroneumático o electrodinámico o electromecánico.

El siguiente es un ejemplo del uso de información de adhesión. En este caso, se considera que el al menos un dispositivo de frenado puede medir la adhesión presente entre la rueda y el riel. Un método común para medir la adhesión se describe en la norma EN15595. El valor de adhesión medido puede entonces ser comunicado por el sistema de frenado. Como se puede observar en la Figura 2B, el cálculo de la distancia de frenado utiliza como entrada un valor de adhesión μ_{min} basado en el valor más bajo entre la adhesión medida μ_{medido} y la adhesión del riel $\mu_{vía}$ para determinar la distancia de frenado, $MÍN(\mu_{medido}, \mu_{vía})$.

$V_{eje1,2,..n}$ es la velocidad de los respectivos ejes utilizada para determinar la adhesión medida μ_{medido}.

El sistema de señalización en vía TS comunica un valor de adhesión del riel $\mu_{vía}$ al vehículo ferroviario que pasa.

Cuando el primer vehículo ferroviario frena, la adhesión medida μ_{medido} se comunica al sistema de señalización de vehículo a bordo OB. Al final de cada secuencia de frenado (final de frenado o con velocidad del vehículo ferroviario igual a 0 $V)_{RV}$ =0) la adhesión medida del sistema de señalización de vehículo a bordo $\mu_{OBmedido}$ se comunica al sistema de señalización en vía TS. El sistema de señalización en vía TS almacena la información ferroviaria recibida $p_{OBmedido}$. El sistema de señalización de vehículo a bordo OB de un vehículo ferroviario posterior puede recibir un valor de adhesión al riel μvía $\mu_{vía}$ actualizado en función de dicho $\mu_{OBmedido}$.

$\mu_{vía}$ es la adhesión promedio medida sobre al menos los últimos 3 valores de adhesión almacenados, PROMEDIO(μ, μ_{n-1}, μ_{n-2}).

$\mu_{mín}$ o μ_{medido} se puede utilizar en el cálculo de la distancia de frenado modulando el factor, por ejemplo, $K_{húmedo}$, utilizado en ETCS, que determina el impacto de la extensión de la distancia de frenado debido a la baja adhesión.

$$K_{húmedo} = \frac{\mu_{medido}}{\mu_{seco}}$$

En este caso , con $K_{húmedo}$ como el coeficiente que representa la adhesión disponible.

Esto permitiría modular las curvas de frenado en función de los valores reales de adhesión medidos y tener un enfoque conservador ya que el coeficiente así definido estimaría una distancia de frenado mayor que el rendimiento real del vehículo debido al efecto de limpieza de los rieles.

Este método permite que los datos de adhesión del riel se actualicen continuamente y que se utilice un cálculo de la distancia de frenado basado en el estado real de la adhesión del riel, como se ha descrito anteriormente en referencia a la segunda realización. Otro enfoque alternativo sería transmitir el coeficiente $K_{húmedo}$ en lugar de la adhesión medida, como se ha descrito anteriormente en referencia a la primera realización.

A continuación, se muestra un ejemplo del uso de información sobre la disponibilidad del dispositivo de frenado.

Actualmente, los proveedores de vehículos ferroviarios calculan una tasa de falla para todos y cada uno de los equipos de frenado, es decir, para cada tipo de dispositivo de frenado y el resto de elementos que intervienen en el inicio, propagación y aplicación del frenado de emergencia.

En el cálculo actual de la distancia de frenado del ETCS, se utiliza una variable de nivel de confianza para determinar la validez de la desaceleración del frenado de emergencia, teniendo en cuenta la posible indisponibilidad de los dispositivos de frenado y la distribución probabilística de su fuerza. Típicamente, se utiliza un enfoque Monte Carlo fuera de línea para las fallas de diferentes dispositivos.

Desventajosamente, este enfoque es estático y no considera las fallas reales, pero sí tiene en cuenta la probabilidad más amplia de fallas.

Gracias a esta invención, la señalización, dada la información adecuada, puede comprender en tiempo real la disponibilidad de todos los dispositivos de frenado a bordo del vehículo. Con esta información se puede calcular exactamente la distancia de frenado que se puede alcanzar.

Por ejemplo, el vehículo ferroviario tiene únicamente frenos electroneumáticos EP, ningún otro componente forma parte del inicio, propagación o aplicación del frenado de emergencia. Considérese, por ejemplo, que nominalmente se utilizan 10 dispositivos. Cada dispositivo corresponde al 10 % de la fuerza de frenado total. La tasa de falla del único dispositivo de frenado EP es 5×10^{-6} por hora.

Ejemplo 1:

El vehículo está funcionando y no presenta fallas en el dispositivo EP. La distribución probabilística del freno EP es igual a un dirac. El vehículo alcanzará el 100 % de desaceleración con una certeza de al menos 1×10^{-5} equivalente al nivel EBCL 5. En otras palabras, el vehículo alcanzará la desaceleración con menos certeza que la tasa de falla de 1 falla del dispositivo EP. El vehículo alcanzará una desaceleración del 90 % con una certeza de al menos 1×10^{-10}, que es superior al nivel EBCL 9. En otras palabras, el vehículo alcanzará la desaceleración con menos certeza que la tasa de falla de 2 fallas del dispositivo EP. Sin embargo, dado que la certeza es mayor que la tasa de falla de 1 dispositivo EP, se considera que 1 dispositivo EP fallará.

Ejemplo 2:

El vehículo está funcionando y tiene 1 falla en el dispositivo EP. Esto ha sido notificado a la señalización de vehículo a bordo, por lo que la desaceleración degradada con 1 falla del dispositivo EP es del 90 % de la desaceleración nominal. El vehículo alcanzará una desaceleración del 90 % con una certeza de al menos 1×10^{-5} equivalente al nivel EBCL 5. El vehículo logrará una desaceleración degradada con menos certeza que la tasa de falla de 1 falla del dispositivo EP. Se logra una desaceleración degradada y no la desaceleración nominal porque ya falló 1 unidad EP. El vehículo alcanzará una desaceleración del 80 % con una certeza de al menos 1×10^{-10} por encima del nivel EBCL 9. El vehículo alcanzará la desaceleración con menor certeza respecto a la falla de 2 fallas del dispositivo EP.

Las siguientes etapas muestran cómo calcular la desaceleración en función del EBCL requerido y en función de las tasas de falla del dispositivo considerado.

$\alpha = nbr_{EP}$

Para n =1:1: nbr_{EP}

Si (${\lambda_{EP}}^{n} < 1 \times 10^{-EBCL}$ y $\alpha = nbr_{EP}$)

$\alpha = n - 1$

Fin

Fin

$$a_{realizable}\,(EBCL) = a_{nom} \times (1 - \frac{nbr_{EPfallo} + \alpha}{nbr_{EP}})$$

Este ejemplo se proporcionó para un vehículo que utiliza únicamente frenos electroneumáticos EP. El mismo concepto puede aplicarse a un vehículo con múltiples tipos de dispositivos de frenado si todos contribuyen a la desaceleración. Lo anterior podrá aplicarse de manera similar a dispositivos de frenado especiales.

En otro aspecto, en referencia a la desaceleración y velocidad actuales del vehículo, estas pueden ser proporcionadas por los dispositivos de frenado a los dispositivos de señalización TS, OB relacionados. A continuación, se puede analizar la multitud de mediciones y disponer de velocidades y desaceleraciones más precisas del vehículo ferroviario.

Generalmente, el sistema de señalización de vehículo a bordo OB basa el cálculo de la velocidad de referencia en un número limitado de sensores de velocidad, típicamente entre 1 y 2.

Los dispositivos de frenado electroneumático EP, electrodinámico ED y electromecánico EM suelen incluir una función WSP, que ajusta la fuerza ejercida sobre la rueda en función del deslizamiento definido como la diferencia de velocidad longitudinal entre las ruedas y el vehículo. Para ajustar la fuerza, el dispositivo en que está integrada la función WSP mide la velocidad de la rueda y estima la velocidad del vehículo según algoritmos procesados.

Localmente, cada dispositivo basa la estimación de la velocidad de al menos un vehículo ferroviario en la velocidad de cuatro ruedas diferentes y también puede utilizar un acelerómetro o GPS para calcular la velocidad del vehículo ferroviario con al menos tanta precisión como exige la norma EN15595.

En función del número de ruedas consideradas y del cumplimiento de la norma EN, la estimación de la velocidad del vehículo por los dispositivos de freno será mejor que la calculada por el sistema de señalización de vehículo a bordo OB.

Además, el cálculo de la velocidad de diferentes unidades podría concentrarse para tener una estimación más precisa de la velocidad del al menos un vehículo ferroviario.

En un aspecto adicional, obviamente el sistema 100 de frenado también puede controlar múltiples dispositivos 102 de frenado, asociados con, por ejemplo, respectivas ruedas de un eje o de varios ejes.

Preferiblemente, el sistema de frenado también puede comprender al menos un dispositivo de frenado especial (“freno especial”). En este caso, la información sobre los factores que afectan a la frenada del vehículo ferroviario podrá comprender, además:

– información sobre la disponibilidad actual para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado especial;

– información sobre el nivel actual de fuerza de frenado aplicada por al menos un dispositivo de frenado especial.

La información sobre la disponibilidad actual para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado especial puede entenderse como, por ejemplo, información que indica si un determinado dispositivo de frenado especial es utilizable o no, por ejemplo, debido a una falla.

La información sobre un nivel actual de fuerza de frenado aplicada por al menos un dispositivo de frenado especial puede entenderse como, por ejemplo, información indicativa del nivel actual de frenado aplicado por dispositivos de frenado especiales. Esta información es, por ejemplo, el porcentaje de aplicación respecto a un nivel máximo de frenado posible. Esta información también podrá enviarse con fines de monitorización.

Preferiblemente, el al menos un dispositivo de frenado especial puede ser al menos un freno de vía magnético, MTB y/o freno de tipo arenero y/o de corrientes de Foucault.

Por ejemplo, el arenero pertenece a la categoría de frenos especiales; si bien tiene la particularidad de no contribuir directamente a la desaceleración del vehículo, potencia la fuerza generada por los demás dispositivos de frenado, y por lo tanto incide en la frenada del vehículo ferroviario.

La información sobre la eficiencia del arenero también puede enviarse con fines de monitorización.

Como se observa en la Figura 3, en la configuración 1 de una arquitectura de señalización ferroviaria, el sistema de frenado puede proporcionar al menos una de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario directamente al el al menos un sistema de señalización en vía, TS.

En la configuración 2 de una arquitectura de señalización ferroviaria, el sistema de frenado puede proporcionar al menos una de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB. En este caso, dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, puede estar dispuesto para enviar dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al el al menos un sistema de señalización en vía, TS.

En la configuración 3 de una arquitectura de señalización ferroviaria, el sistema de frenado puede estar dispuesto para proporcionar al menos una de dicha información con respecto a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario también enviando dicha información con respecto a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario también a al menos un sistema de gestión y control de trenes, TCMS, de dicho al menos un vehículo ferroviario. En tal caso, cada uno de dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía, TS, pueden estar dispuestos para recibir dicha información relativa a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario desde dicho sistema de gestión y control de trenes, TCMS.

En una realización adicional, cuando el sistema de frenado está dispuesto para proporcionar al menos una de dicha información con respecto a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al el al menos un sistema de señalización en vía, TS, el sistema de frenado puede estar dispuesto para transmitir al menos una de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario también a al menos un servidor remoto. En este caso, el sistema de señalización en vía, TS, puede estar dispuesto para recibir dicha información sobre los factores que afectan el frenado del vehículo ferroviario desde dicho al menos un servidor remoto.

Como se puede observar en la Figura 4, dicho al menos un dispositivo de frenado puede estar dispuesto para proporcionar directamente dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía, TS, o nuevamente a dicho al menos un sistema de gestión y control de trenes, TCMS. Cuando está presente, dicho al menos un dispositivo 104 de frenado especial también puede estar dispuesto para proporcionar dicha información con respecto a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía, TS.

Es decir, la información es proporcionada de manera distribuida por el uno o más dispositivos de frenado o uno o más dispositivos de frenado especiales.

Como se observa en la Figura 5, en una realización adicional, el sistema de frenado puede comprender al menos una unidad 106 de control de frenado, por ejemplo, asignada para controlar el uno o más dispositivos de frenado y/o el uno o más dispositivos de frenado especiales. En este caso, la unidad de control de frenado puede estar dispuesta para recopilar centralmente desde los dispositivos de frenado dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario para ser proporcionada a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía, TS, o dicho al menos un sistema de gestión y control de trenes, TCMS. Cuando los dispositivos de frenado especiales están presentes, la unidad de control de frenado puede estar dispuesta para recopilar también centralmente desde los dispositivos de frenado especiales dicha información relativa a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario para ser proporcionada a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía, TS.

Para algunos tipos de arquitecturas, como la centralizada descrita anteriormente, es posible realizar el cálculo de la distancia de frenado a través del dispositivo de frenado principal.

De hecho, la unidad dispone de los datos en tiempo real necesarios para realizar una estimación precisa de la distancia de frenado.

Preferiblemente, dicha unidad de control de frenado puede procesar al menos una de dicha información sobre factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario.

La unidad de control puede ser una solución con un Nivel de Integridad de Seguridad (SEL) ≥ 2, por ejemplo, según la última normativa vigente a partir del 27 de agosto de 2020.

Preferiblemente, el sistema de frenado proporciona al el al menos un sistema de señalización en vía, TS, o al el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, o tanto al el al menos un sistema de señalización en vía, TS, como al el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a través de al menos un medio de comunicación cableado o un medio de comunicación inalámbrico. Por ejemplo, los medios de comunicación pueden ser una E/S digital, Ethernet, MVB, CAN, Echelon, Bluetooth, WiFi, GSM.

La invención se refiere además a una arquitectura de señalización ferroviaria, que incluye:

- un sistema de frenado según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente;

- al menos un sistema de señalización en vía, TS, o al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, o ambos, al menos un sistema de señalización en vía, TS, y al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo, OB.

En dicha arquitectura de gestión de señalización ferroviaria, cuando dicho sistema de frenado está dispuesto para proporcionar al sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario, el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, puede estar dispuesto determinar una curva de frenado del vehículo ferroviario según/en función de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario.

Además, cuando dicho sistema de frenado está dispuesto para proporcionar dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario comprende información sobre la disponibilidad para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado, el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, puede estar dispuesto para determinar la desaceleración alcanzable por el vehículo ferroviario basándose en dicha información con respecto a la disponibilidad para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado.

Además, cuando están presentes dispositivos de frenado especiales, cuando dicho sistema de frenado está dispuesto para proporcionar dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, y dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario comprende información sobre la disponibilidad para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado especial, el sistema de señalización de vehículo a bordo, OB, puede disponerse para determinar la desaceleración que puede lograr el vehículo ferroviario basándose en dicha información sobre la disponibilidad para el uso de dicho al menos un dispositivo de frenado especial.

Preferiblemente, cuando el sistema de frenado está dispuesto para proporcionar al menos una de dicha información con respecto a los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) puede estar dispuesto para enviar dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al el al menos un sistema de señalización en vía (TS).

Preferiblemente, dicho sistema de frenado puede estar dispuesto para proporcionar al menos una de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario enviando dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a al menos un sistema de gestión y control de trenes (TCMS) de dicho al menos un vehículo ferroviario. Además, dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía (TS) pueden estar dispuestos para recibir dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario desde dicho sistema de gestión y control de trenes (TCMS).

Preferiblemente, cuando el sistema de frenado está dispuesto para proporcionar al menos una de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario al el al menos un sistema de señalización en vía (TS), dicho sistema de frenado puede estar dispuesto para transmitir al menos una de dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a al menos un servidor remoto, y dicho sistema de señalización en vía (TS) puede estar dispuesto para recibir dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario desde dicho al menos un servidor remoto.

Lo que se explica en esta descripción con respecto a al menos un vehículo ferroviario se puede aplicar de manera similar en el caso de un tren que comprende una pluralidad de vehículos ferroviarios.

La ventaja conseguida es, por lo tanto, la de haber propuesto una solución que permite al sistema de señalización en vía TS y al sistema de señalización de vehículo a bordo determinar la curva de frenado del vehículo ferroviario y la distancia de parada del vehículo ferroviario en función de parámetros en tiempo real inherentes a la condición de

adhesión que lo rodea. Se han descrito diversos aspectos y realizaciones de un sistema de frenado con una arquitectura de señalización según la invención. Asimismo, la invención no se limita a las realizaciones descritas, sino que puede variarse dentro del alcance definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100) de frenado para al menos un vehículo ferroviario (RV), en donde dicho sistema (100) de frenado está dispuesto para proporcionar a al menos un sistema de señalización en vía (TS), o a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), o tanto a al menos un sistema de señalización en vía (TS) como a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario;

   en donde dicha información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario incluye:

      -información sobre un factor de corrección a aplicar a un valor de desaceleración nominal predefinido del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$;

   en donde dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario se determina en tiempo real mediante dicho sistema de frenado.

2. Sistema (100) de frenado para al menos un vehículo ferroviario (RV), en donde dicho sistema (100) de frenado está dispuesto para proporcionar a al menos un sistema de señalización en vía (TS), o a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), o tanto a al menos un sistema de señalización en vía (TS) como a al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario;

   en donde dicha información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario incluye:

      -información sobre la adhesión disponible de al menos una rueda (W) del vehículo ferroviario y el riel (R);

   en donde dicha información sobre los factores respectivos que afectan al frenado del vehículo ferroviario se determina en tiempo real mediante dicho sistema de frenado;
   en donde dicho al menos un sistema de señalización en vía (TS) está dispuesto para determinar un factor correctivo que se aplicará a un valor de desaceleración nominal predefinido del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$, en función de dicha información sobre la adhesión disponible de la al menos una rueda (W) del vehículo ferroviario y del riel (R) recibida, y/o dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) está dispuesto para determinar un factor correctivo a aplicar a un valor de desaceleración nominal predeterminado del al menos un vehículo ferroviario en condiciones de baja adhesión, $k_{húmedo}$, en función de dicha información sobre la adhesión disponible de la al menos una rueda (W) del vehículo ferroviario y el riel (R) recibida.

3. Sistema de frenado según la reivindicación 1 o 2, en donde dicho sistema de frenado incluye al menos un dispositivo (102) de frenado.

4. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha información sobre los respectivos factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario incluye además al menos una de:

   -información sobre un punto corredizo óptimo entre rueda y riel, determinado por el sistema (100) de frenado;
   -información sobre la velocidad del al menos un vehículo ferroviario;
   -información sobre una distancia de frenado determinada por el sistema (100) de frenado en función de la velocidad actual del al menos un vehículo ferroviario;
   -información sobre la disponibilidad de uso del al menos un dispositivo (102) de frenado;
   -información sobre una desaceleración del vehículo ferroviario;
   -información sobre un nivel de fuerza de frenado aplicada por el al menos un dispositivo de frenado.

5. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, en donde dicho al menos un dispositivo de frenado es de tipo electroneumático o electrodinámico o electromecánico.

6. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un dispositivo (104) de frenado especial;

   en donde dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario, determinada en tiempo real por dicho sistema de frenado, comprende además:

-información sobre la disponibilidad de uso de dicho al menos un dispositivo (104) de frenado especial;
-información sobre un nivel de fuerza de frenado aplicada por el al menos un dispositivo (104) de frenado especial.

7. Sistema de frenado según la reivindicación 6, en donde dicho al menos un dispositivo de frenado especial incluye al menos uno de los siguientes dispositivos:

-un freno de vía magnético, MTB;
-un arenero;
-un freno por corrientes de Foucault.

8. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en donde dicho al menos un dispositivo de frenado está dispuesto para proporcionar dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía (TS).

9. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde dicho al menos un dispositivo de frenado especial está dispuesto para proporcionar dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía (TS).

10. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores de 3 a 9, que comprende al menos una unidad de control de frenado;

estando dispuesta la unidad de control de frenado para recopilar de manera centralizada de los dispositivos de frenado dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario para ser proporcionada a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía (TS).

11. Sistema de frenado según la reivindicación 10, cuando depende de la reivindicación 6, en donde la unidad de control de frenado está dispuesta para recopilar de manera centralizada desde los dispositivos de frenado especiales dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario para ser proporcionada a dicho al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) y/o dicho al menos un sistema de señalización en vía (TS).

12. Sistema de frenado según la reivindicación 10 u 11, en donde dicha unidad de control de frenado está dispuesta para procesar al menos una de dicha información sobre factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario.

13. Sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de frenado proporciona al el al menos un sistema de señalización en vía (TS), o al el al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) o a ambos del al menos un sistema de señalización en vía (TS) y al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario a través de al menos un medio de comunicación cableado o un medio de comunicación inalámbrico.

14. Arquitectura de señalización ferroviaria, que incluye:

-un sistema de frenado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
-al menos un sistema de señalización en vía (TS), o al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB), o al menos un sistema de señalización en vía (TS) y al menos un sistema de señalización de vehículo a bordo (OB).

15. Arquitectura de señalización ferroviaria, según la reivindicación 14, en donde:

-cuando dicho sistema de frenado está dispuesto para proporcionar al sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) dicha información sobre los factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario, el sistema de señalización de vehículo a bordo (OB) está dispuesto para determinar una curva de frenado del vehículo ferroviario en función de dicha información sobre factores que afectan al frenado del vehículo ferroviario.

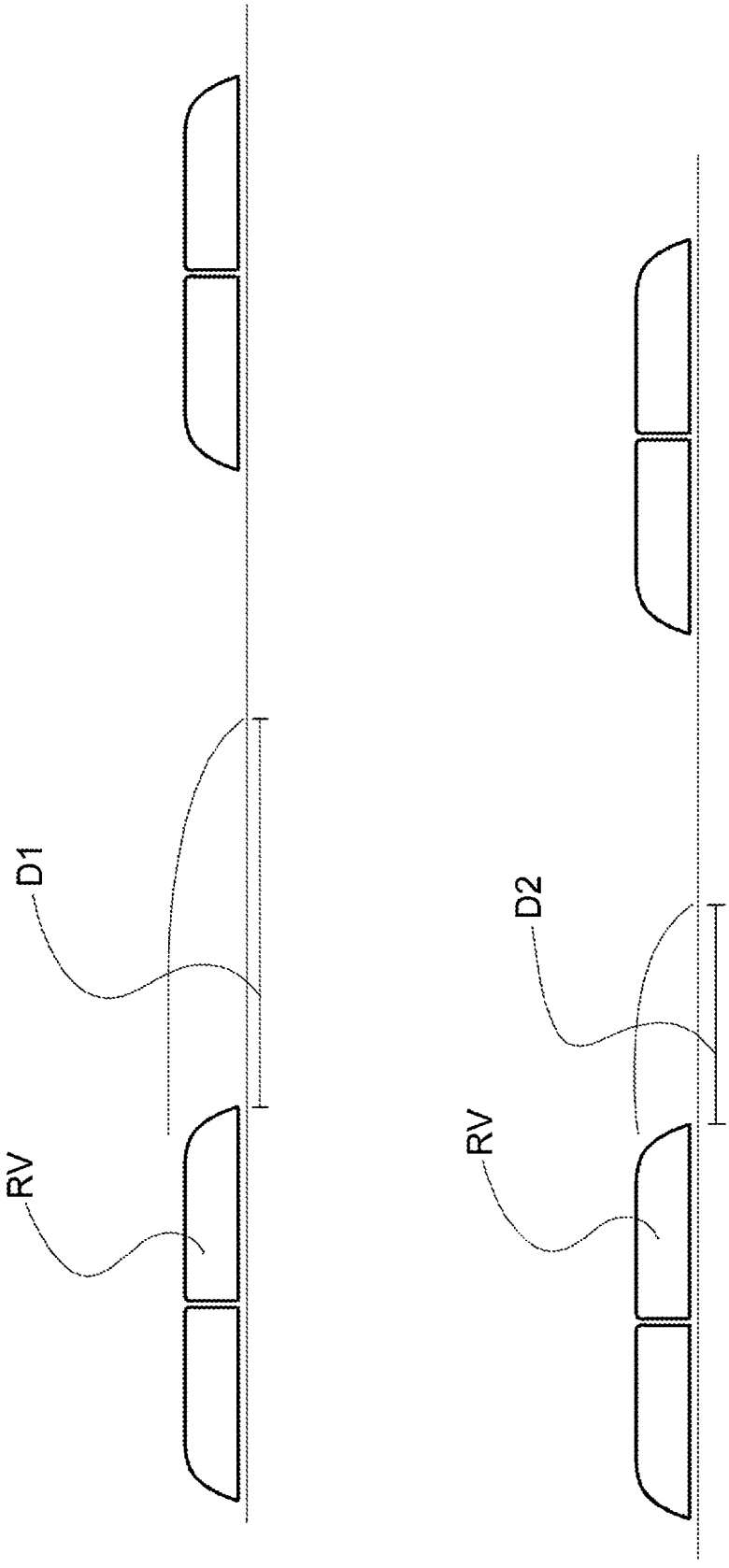


Figura 1

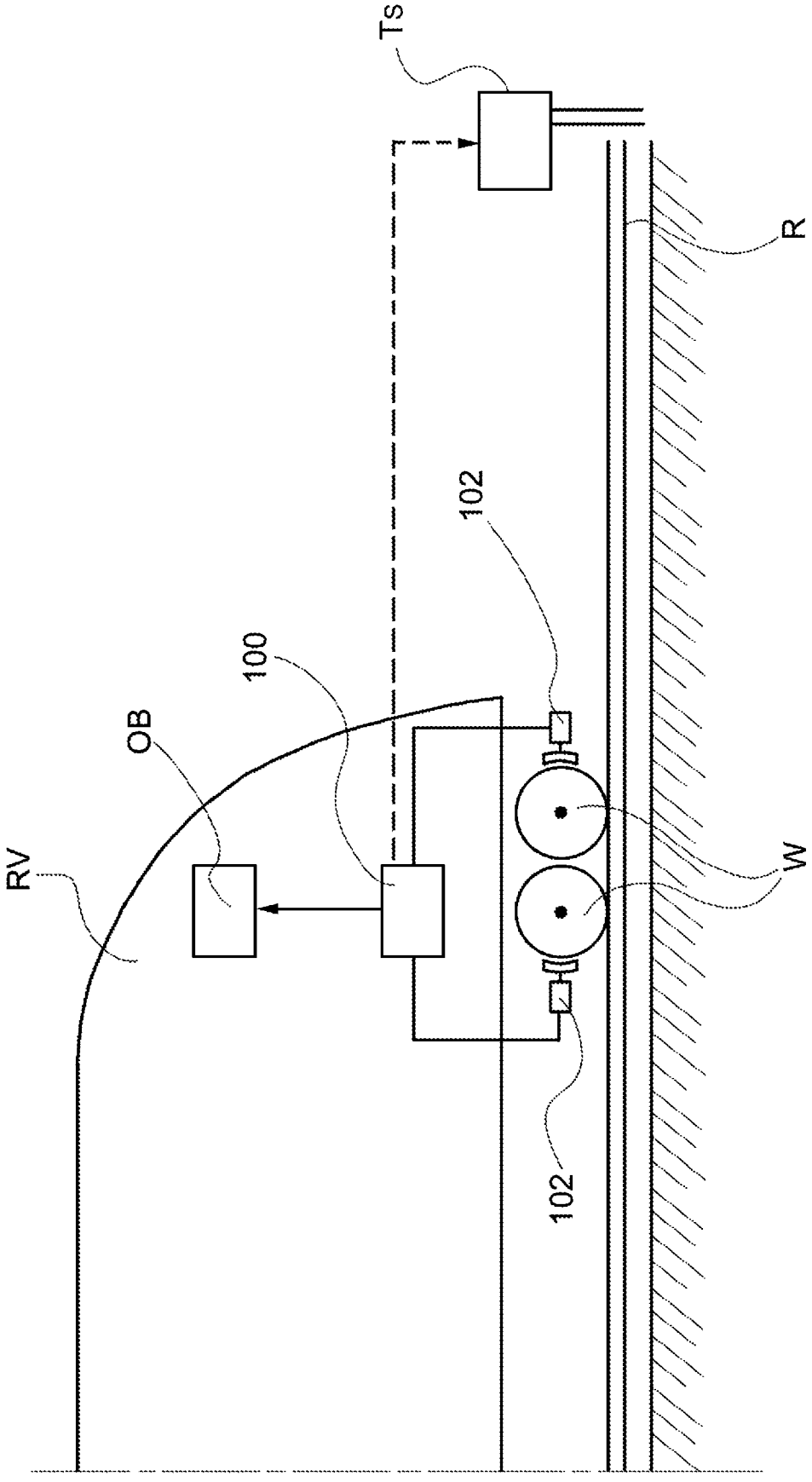


Figura 2

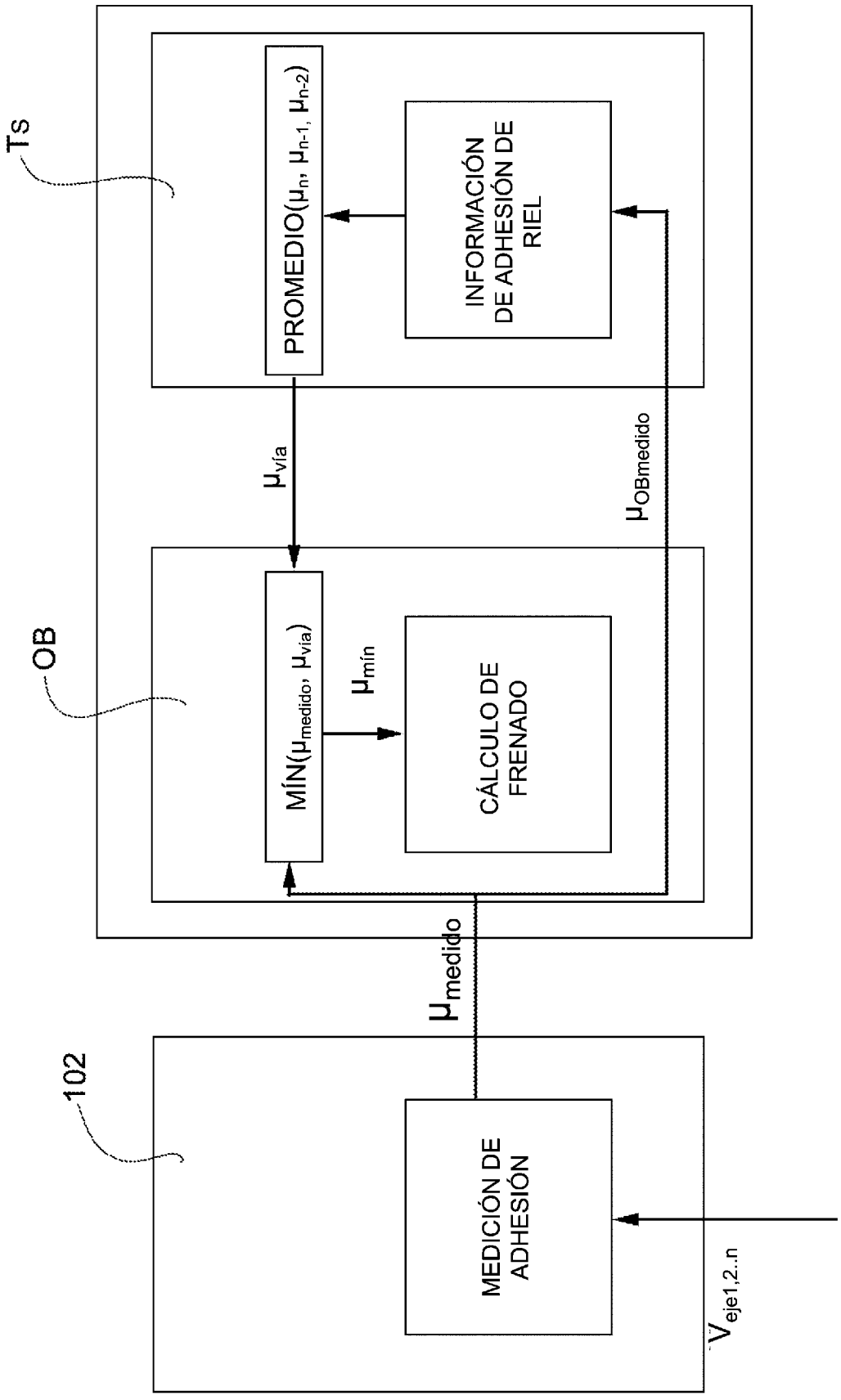

Ts
PROMEDIO(μ_n, μ_{n-1}, μ_{n-2})
INFORMACIÓN DE ADHESIÓN DE RIEL
$\mu_{vía}$
$\mu_{OBmedido}$
OB
MÍN(μ_{medido}, $\mu_{vía}$)
$\mu_{mín}$
CÁLCULO DE FRENADO
μ_{medido}
102
MEDICIÓN DE ADHESIÓN
$V_{eje1,2..n}$

Figura 2B

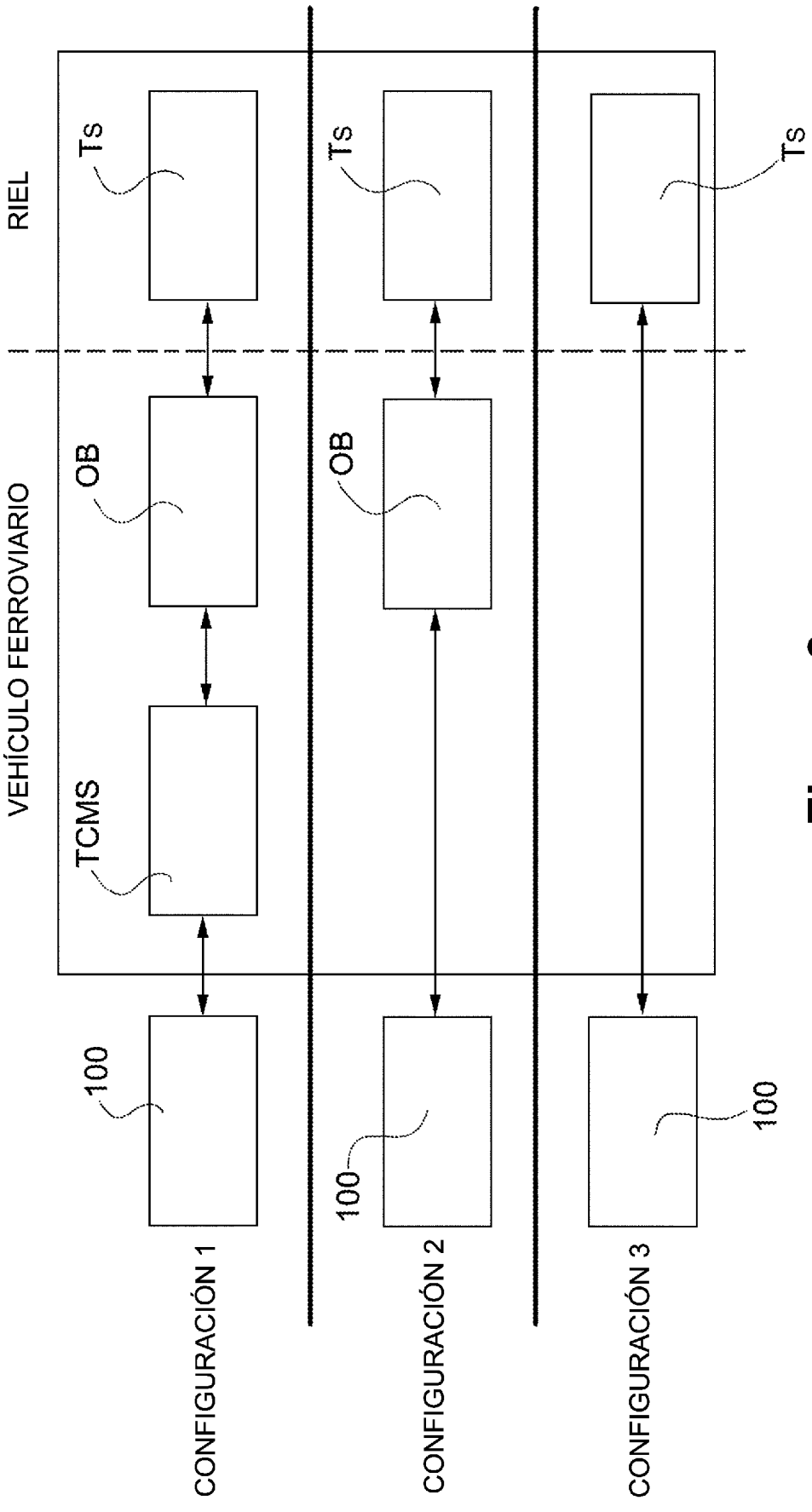

RIEL
VEHÍCULO FERROVIARIO
Ts
Ts
Ts
OB
OB
TCMS
100
100
100
CONFIGURACIÓN 1
CONFIGURACIÓN 2
CONFIGURACIÓN 3

Figura 3

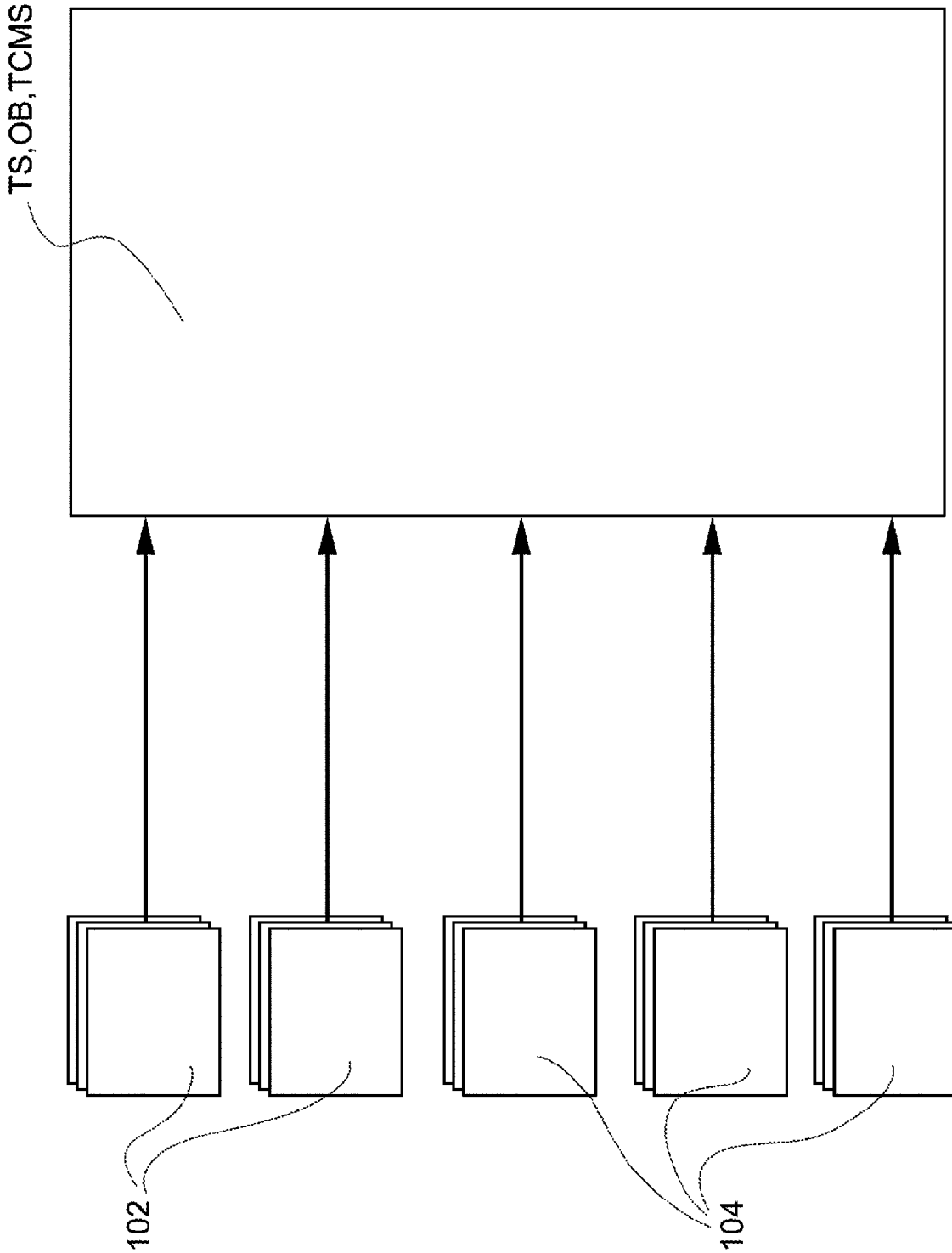


Figura 4

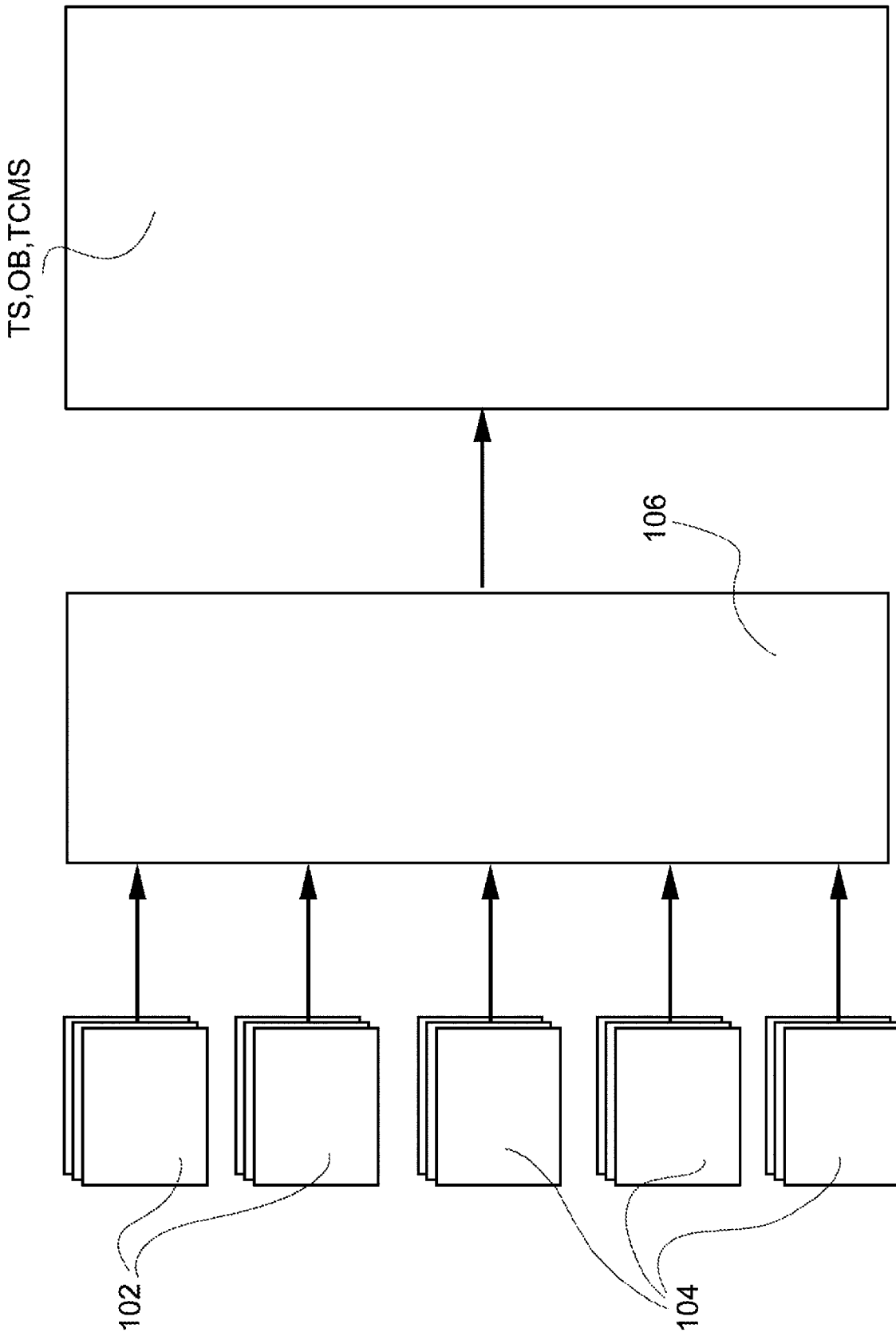


Figura 5