

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 152**

51 Int. Cl.:

B61L 1/06 (2006.01)

B61L 23/04 (2006.01)

B61L 27/57 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2010** **E 20192265 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024** **EP 3792142**

54 Título: **Aparato ferroviario y método que utiliza monitorización acústica**

30 Prioridad:

03.09.2009 GB 0915322

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

29.10.2024

73 Titular/es:

SIEMENS MOBILITY LIMITED (100.0%)
Sixth Floor, The Lantern, 75 Hampstead Road
London, NW1 2PL, GB

72 Inventor/es:

CHADWICK, SIMON;
CHAPMAN, MIKE;
GLOVER, MARK;
MCQUILLAN, JAMES y
PRIEST, IAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 984 152 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

Aparato ferroviario y método que utiliza monitorización acústica

La presente invención se refiere a un método para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario, un método para predecir el momento en que un tren llegará a un paso a nivel y a un aparato para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario.

El reciente desarrollo de la tecnología de detección de fibra óptica ofrece la oportunidad de realizar un número de avances en el campo de la detección y el control ferroviarios.

Como técnica antecedente se puede mencionar DE-A1-10 2007 006833, que divulga la monitorización acústica en un único punto en un ferrocarril.

DR. Anderson: "Detecting flat wheels with a Fiber-optic sensor", Rail Conference, 2006. Proceedings of the 2006 IEEE/ASME Joint, 1 de enero de 2006 (2006-01-01), páginas 25-30, describe un sensor óptico multimodo implementado en o cerca de vías de ferrocarril para detectar la presencia de ruedas planas que ruedan sobre los rieles. El mecanismo de detección utiliza técnicas de interferometría óptica para determinar ruedas planas a partir de patrones moteados de luz transmitidos por el sensor óptico.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar sistemas y metodologías mejorados para el control, operación y seguridad de trenes y ferrocarriles.

Este objetivo se logra "escuchando" el entorno de la vía y permitiendo obtener información para ser derivada para una serie de usos. Esta "escucha" puede hacer uso de la hidrofónica de fibra óptica.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para monitorizar y controlar un sistema ferroviario que incluye una vía y al menos un tren operable para circular sobre dicha vía, que comprende las etapas de:

a) proporcionar un transductor acústico que comprende un cable sensor de fibra óptica cerca de la vía férrea para recoger señales acústicas;

b) recibir señales acústicas del transductor;

c) analizar las señales recibidas que comprende identificar una marca de un tren, teniendo la marca picos determinados cuando los ejes del tren pasan por una anomalía en la vía que da como resultado una vibración característica cuando una rueda de tren pasa sobre ella; y

d) detectar vibraciones en una superficie exterior de la fibra para revelar fallas en el tren. en el que la anomalía en la vía comprende una junta de carril aislada, una junta de vía, un conjunto de puntos o un objetivo u objetivos específicamente colocados colocados en el carril.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un aparato para monitorizar y controlar un sistema ferroviario que incluye una vía y al menos un tren operable para circular por dicha vía, que comprende:

un transductor acústico que comprende un cable sensor de fibra óptica próximo al ferrocarril adaptado para recoger señales acústicas;

un receptor adaptado para recibir señales acústicas del transductor;

y medios de procesamiento adaptados para analizar las señales recibidas que comprenden identificar una marca de un tren, teniendo la marca picos determinados cuando los ejes del tren pasan por una

anomalía en la vía que produce una vibración característica cuando la rueda de un tren pasa sobre ella; y detectar vibraciones en una superficie exterior de la fibra para revelar fallas en el tren;

en el que la anomalía en la vía comprende una junta de carril aislada, una junta de vía, un conjunto de puntos o un objetivo u objetivos específicamente colocados colocados en el carril.

Como se entiende bien, las ondas acústicas emitidas a partir de una fuente actúan para hacer que objetos incidentes vibren. Las vibraciones en la superficie externa de un cable de fibra óptica provocan cambios en las propiedades refractivas experimentadas por la luz que pasa a través del cable, que puede analizarse utilizando algoritmos informáticos con el fin de determinar en qué parte del cable se está experimentando dicha vibración, y además la frecuencia y amplitud de dicha perturbación. Esto es análogo a convertir el cable en uno o una serie de micrófonos.

Los sistemas que se describen a continuación usan el mismo principio básico de "escuchar" el entorno al lado de la vía férrea o vehículos de tren a medida que pasan por un transductor acústico, por ejemplo un cable de fibra óptica. En todos los casos, el análisis con base en ordenador de la vibración con respecto a la marca de tiempo (o una versión de dominio de frecuencia de la misma) se puede utilizar para identificar un caso particular.

Debe observarse que las vías férreas existentes a menudo ya están provistas con al menos un cable de fibra óptica ubicado adyacente a la vía férrea, de modo que las señales de comunicaciones puedan transmitirse a través de ellas. Típicamente, se proporciona un haz de fibras, algunas de las cuales serán oscuras, es decir, no se utilizarán en la operación normal. Ventajosamente, dichas fibras oscuras se pueden usar como transductores acústicos de acuerdo con la presente invención. Sin embargo, no es esencial utilizar fibras oscuras, por ejemplo, se pueden utilizar fibras claras que llevan comunicaciones, en cuyo caso es necesario por ejemplo distinguir entre las comunicaciones y señales acústicas, que se pueden lograr usando filtros electrónicos. Como una alternativa adicional, se puede tender nueva fibra óptica en o adyacente de la vía férrea para el propósito de la hidrofonia.

La invención se describirá ahora con referencia a las figuras adjuntas, de las cuales:

- 10 La Figura 1 muestra esquemáticamente una marca de tren teórica en el dominio de amplitud con respecto al tiempo;
- La Figura 2 muestra esquemáticamente una primera disposición posible de fibra óptica;
- La Figura 3 muestra esquemáticamente una segunda disposición de fibra óptica posible;
- La Figura 4 muestra esquemáticamente una tercera disposición posible de fibra óptica;
- La Figura 5 muestra esquemáticamente una variable predictiva de cruce de nivel convencional; y
- 15 La Figura 6 muestra esquemáticamente una variable predictiva de cruce de nivel de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

La marca de un tren se caracterizará por una serie de frecuencias a diversas amplitudes ocasionadas por el paso de la rueda a lo largo del riel, en particular habrá picos específicos cuando un eje pasa por un punto dado. Por lo tanto, es posible determinar no solo que un tren ha pasado por una ubicación particular en el ferrocarril, sino también

- 20 determinar información adicional, como la longitud del tren, el número de ejes del tren, el estado del equipo en ese tren y la condición de equipos fijos, tal como la propia vía férrea o equipos ferroviarios.
- La Figura 1 muestra esquemáticamente una marca teórica en el dominio de amplitud con respecto al tiempo para un tren que funciona normalmente. Para simplificar, se supone que el tren es simple, por ejemplo, un vehículo ligero de dos vagones con un peso ligero distribuido de manera uniforme a lo largo de la longitud del tren. La marca que se muestra refleja la señal acústica medida por un transductor ubicado al lado de la vía férrea a lo largo del tiempo en una región determinada, ubicada lejos de, y fuera de la influencia del equipo ruidoso, y muestra el acercamiento, el paso y la salida de un tren. En una primera región A de la marca, la señal acústica corresponde solo al ruido ambiental o de fondo. En la región B, un tren se acerca al transductor y, a medida que se acerca, aumenta el nivel de ruido. La región C ocurre cuando el tren pasa el transductor. Dado que se supone que el tren es simple y con un peso distribuido de manera uniforme, esta región en general toma la forma de una meseta, por ejemplo hay un nivel de ruido similar experimentado durante el paso del tren. Sin embargo, hay puntos D de señal elevada, los cuales ocurren cuando las ruedas individuales del tren pasan por el transductor. La Región E ocurre después del paso del tren, y muestra un nivel de ruido que disminuye gradualmente a medida que el tren se aleja. Finalmente, la región F muestra un retorno al ruido ambiental o de fondo solamente.

- 35 Aunque no se muestra en la Figura 1, la marca tendrá una respuesta espectral característica en el dominio de frecuencia, que ventajosamente también se monitoriza.

Se puede ver a partir de la Figura 1 que se pueden cotejar diversos tipos de información a partir de la salida de los transductores. Estos incluyen:

- 40 i) La marca del tren es única para cada tren. Por lo tanto, la comparación de marcas detectadas se puede usar para identificar y diferenciar trenes. Además, los trenes pueden rastrearse mediante la marca, como se describe a continuación. Debe recordarse que la marca se comprimirá o se estirará a lo largo del eje de tiempo dependiendo de la velocidad del tren a medida que pasa por un transductor, por lo que la compensación es necesaria al identificar o rastrear trenes.
- 45 ii) El número de puntos D corresponde a la cantidad de ejes del tren. Por lo tanto, el transductor se puede usar como un contador de ejes.
- iii) El perfil de los puntos D contiene información sobre el estado de las ruedas y el estado de la vía férrea por donde pasan las ruedas. Si todos esos puntos D comparten una característica inusual común, esto implica que la vía férrea tiene una característica determinada (por ejemplo, una falla). Si, por otro lado, sólo se muestra una característica en un punto D, entonces puede implicarse que una rueda particular tiene una característica (por ejemplo, una región de aplanamiento). Además, se puede determinar la rueda afectada.
- 50 iv) Se pueden identificar otras condiciones del tren. Por ejemplo, una marca que incluye una respuesta elevada en ciertas frecuencias puede implicar "chirridos" debido a una falla. Un perfil inusual en la región E puede implicar por ejemplo que un objeto se arrastra detrás del tren.

v) La señal fuera de la marca, es decir, el ruido ambiente en las regiones A, F, proporciona información sobre el equipo fijo cerca del transductor, como se describirá más adelante.

Debe observarse que una sola marca de este tipo no puede utilizarse sola para determinar la longitud del tren o su velocidad. Con el fin de permitir estas determinaciones, es necesario adquirir al menos una marca adicional, por ejemplo, a partir de la segunda región del transductor.

Hay diversas alternativas para proporcionar hidrofonia de fibra óptica cerca de una vía férrea. Estas incluyen:

i) proporcionar una fibra "larga", por ejemplo, una la cual es más larga que la resolución deseada del sistema, junto con la vía férrea. La ubicación de la fuente de señales acústicas puede determinarse usando procesamiento de señal, como se conoce en la técnica. Este tipo de disposición se muestra esquemáticamente en la Figura 2, donde se proporciona una única longitud de fibra 1 óptica junto a una vía 2 férrea. La detección de señal se realiza mediante un receptor 3 ubicado en un extremo de la fibra 1. El receptor 3 está en conexión con un procesador 4 de señal. Este envía datos al sistema principal de control del tren (no se muestra). Alternativamente, el receptor 3 y el procesador 4 de señal pueden estar formados integralmente.

ii) Proporcionar una serie de fibras discretas a lo largo de la vía férrea, con cada fibra teniendo una longitud aproximadamente igual a la resolución deseada del sistema. Esta disposición se muestra esquemáticamente en la Figura 3, donde se proporcionan diversas fibras 1a junto a la vía 2 férrea, estando conectada cada fibra a un receptor 3. Esta disposición puede reducir la carga de procesamiento. Es posible aplicar el procesamiento de señal a la señal recibida de cada fibra 1a, con el fin de mejorar aún más la localización de la fuente de señal acústica.

iii) Proporcionar una medición "puntual" con una sección corta de fibra para proporcionar una determinación precisa de la ubicación de la fuente de la señal acústica sin requerir el procesamiento de la señal de i) anterior. Esta disposición se muestra en la Figura 4, con diversas secciones cortas de fibra 1b ubicadas cerca de una vía 2 férrea, estando conectada cada sección 1b a un receptor 3. Esta disposición puede ser de particular utilidad para monitorizar equipos fijos/ubicados al lado de la vía férrea tales como puntos, cruces, etc.

Como se menciona anteriormente, la presente invención proporciona diversas mejoras sobre los sistemas convencionales. Algunos de estos se describen ahora con fines ilustrativos.

Cuando un tren pasa por un punto particular de una línea ferroviaria, se crea una cantidad significativa de ruido y vibración, que es detectada por el cable sensor de fibra óptica. Un tren tiene una marca clara, es decir, una amplitud de vibración y/o una característica de frecuencia frente al tiempo que depende, por ejemplo, de la velocidad del tren. tipo de tren, infraestructura en vía y velocidad del tren. En particular, los picos se determinan cuando los ejes pasan por un punto de la vía férrea, o por una anomalía en la vía, como una junta de vía aislada, una junta de vía, un conjunto de puntos o, incluso, un objetivo u objetivos específicamente colocados (anomalías colocadas en la vía) que dan lugar a una vibración característica cuando la rueda de un tren pasa sobre él.

Monitorización remota de condiciones ferroviarias: Activos en movimiento

En esta realización, se puede utilizar un cable de fibra óptica tendido cerca de la vía para determinar el estado de activos ferroviarios en movimiento, tal como vehículos ferroviarios.

Cuando un tren pasa por un punto particular de una línea ferroviaria, se crea una cantidad significativa de ruido y vibración, gran parte de los cuales son detectables por el cable sensor de fibra óptica. Un tren tiene una marca clara, es decir, una amplitud de vibración y/o una característica de frecuencia frente al tiempo que depende, por ejemplo, de la velocidad del tren. tipo de tren, infraestructura en vía y velocidad del tren. En particular, los picos se determinan cuando los ejes pasan por un punto de la vía férrea, o por una anomalía en la vía, como una unión ferroviaria aislada, una unión de vía, un conjunto de puntos o incluso un objetivo u objetivos específicamente colocados (anomalías colocadas en el carril) que dan como resultado una vibración característica cuando la rueda de un tren pasa sobre él.

Al detectar vibraciones en la superficie exterior de la fibra, y en particular en comparación con una 'marca' pregrabada para el objeto particular, es posible revelar fallas que incluyen:

- Ruedas con 'puntos planos'. Este sistema también se conoce como "detección de carga de impacto de ruedas". Cuando una rueda pasa sobre el riel, y particularmente sobre una anomalía como una junta de riel, o una anomalía artificial especialmente colocada, la marca de una rueda con una rueda plana que pasa por ese punto es significativamente diferente a la de una rueda perfectamente circular. En particular, el análisis en el dominio de la frecuencia mostrará una gran cantidad de componentes de frecuencia que se detectan debido a la importante carga de impacto colocada sobre la rueda y la vía. También es posible comprobar estos problemas utilizando un transductor acústico instalado en el propio tren.

- Rodamientos de ruedas calientes (y consecuencias posteriores como ruedas bloqueadas). Una mayor fricción provocará un cambio en la marca a medida que la rueda se mueve a lo largo del riel, cuando las ondas de tensión pasan sobre la interfaz rueda-riel. Además, la expansión de los componentes dentro del conjunto de rueda/bogie provocará que cambie el análisis en el dominio del tiempo y/o de la frecuencia.

- Fugas de aire a alta presión (por ejemplo, tubería de freno o componentes de suspensión). Los "silbidos" de alta frecuencia causados por tales fallas se detectan fácilmente cuando el tren pasa por los dispositivos sensores, lo que da como resultado un perfil claramente identificable en la marca de frecuencia/tiempo.
- 5
- Los arcos de alta tensión del pantógrafo (el aparato utilizado para recoger energía de los cables aéreos) provocan un 'ruido blanco' que se manifiesta como componentes de gran amplitud en una amplia gama de frecuencias dentro del rango de detección del sistema hidrofónico.
- 10
- Arrastrar el equipo que ha caído de un tren, mientras es arrastrado por el lastre, provocará que la marca del tren cambie radicalmente, permitiendo así que se proporcione retroalimentación al conductor ya sea a través del sistema de señalización ferroviaria, o a través de un mensaje transmitido al centro de control.
- 15
- Trenes desacoplados/no acoplados. Se puede utilizar el análisis de la marca recibida para determinar si un tren se ha partido, por ejemplo contando el número de picos de eje.
- Diversas alternativas y modificaciones dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Por ejemplo, aunque la descripción anterior se refiere exclusivamente al uso de hidrofonia de fibra óptica, donde el transductor acústico comprende un cable de fibra óptica, se pueden usar otras formas de transductor acústico, por ejemplo micrófonos.
- Preferiblemente, las señales acústicas se monitorizan continuamente, sin embargo esto puede no ser necesario para todas las aplicaciones.
- En el caso de ambigüedad en la interpretación de la señal recibida, se puede reproducir a un operador humano, que puede ser capaz de identificar el ruido grabado.
- 20
- La metodología descrita anteriormente puede usarse en combinación, por ejemplo, las mismas señales recibidas pueden usarse tanto para la ubicación del tren como para el control de los activos fijos.

REIVINDICACIONES

1. Un método para monitorizar y controlar un sistema ferroviario que incluye una vía férrea (2) y al menos un tren que es operable para funcionar en dicha vía férrea (2), que comprende las etapas de:
 - a) proporcionar un transductor acústico que comprende un cable sensor de fibra óptica (1a, 1b) cerca de la ferrovía para recoger señales acústicas;
 - b) recibir señales acústicas del transductor (1a, 1b); y
 - c) analizar las señales recibidas que comprende identificar una marca de un tren, teniendo la marca picos determinados cuando los ejes del tren pasan por una anomalía en la vía que da como resultado una vibración característica cuando una rueda de tren pasa sobre ella; y
 - d) detectar vibraciones en una superficie exterior de la fibra (1a, 1b) para revelar fallas en el tren;en el que la anomalía en la vía comprende una junta de carril aislada, una junta de vía, un conjunto de puntos o un objetivo u objetivos específicamente colocados colocados en el carril.
2. Método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la etapa d) comprende además comparar las vibraciones detectadas con una marca pregrabada de un objeto.
3. Método como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en el que la marca del tren es una característica de amplitud y/o frecuencia de vibración frente al tiempo.
4. Método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la falla es una rueda con puntos planos, y en el que la etapa c) comprende además:

Analizar el dominio de frecuencia de la marca para mostrar una gran cantidad de componentes de frecuencia que se detectan debido a la importante carga de impacto colocada sobre la rueda y la pista.
5. Método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la falla son rodamientos de rueda calientes, y en el que la etapa c) comprende además:

Análisis de la marca para detectar ondas de tensión que pasan sobre la interfaz rueda-carril debido a una mayor fricción.
6. Método como se reivindica en la reivindicación 5, en el que la etapa c) comprende además:

Analizar el dominio temporal o frecuencial de la marca para detectar la expansión de componentes dentro del conjunto rueda/bogie del tren.
7. Método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la falla son fugas de aire a alta presión desde la tubería de freno o componentes de la suspensión, y en el que la etapa c) comprende además: identificar un perfil en la marca de frecuencia/tiempo a partir de silbidos de alta frecuencia.
8. Método como se reivindica en la reivindicación 4, en el que la falla son arcos de alto voltaje del pantógrafo, y en el que la etapa c) comprende además:

Análisis de la marca para detectar ruido blanco que comprende componentes de alta amplitud en una amplia gama de frecuencias causados por arcos de alto voltaje.
9. Método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la avería es el arrastre de un equipo que ha caído del tren, y en el que la etapa c) comprende además:

Analizar la marca para cambios de lastre.
10. Método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la falla es el desacoplamiento o desunión de los trenes, y en el que la etapa c) comprende además:
- Contar el número de picos del eje.
11. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa a) comprende proporcionar una pluralidad de transductores acústicos (1a, 1b) ubicados a lo largo de la pista.
12. Aparato para monitorizar y controlar un sistema ferroviario que incluye una vía (2) y al menos un tren operable para circular por dicha vía (2), que comprende:

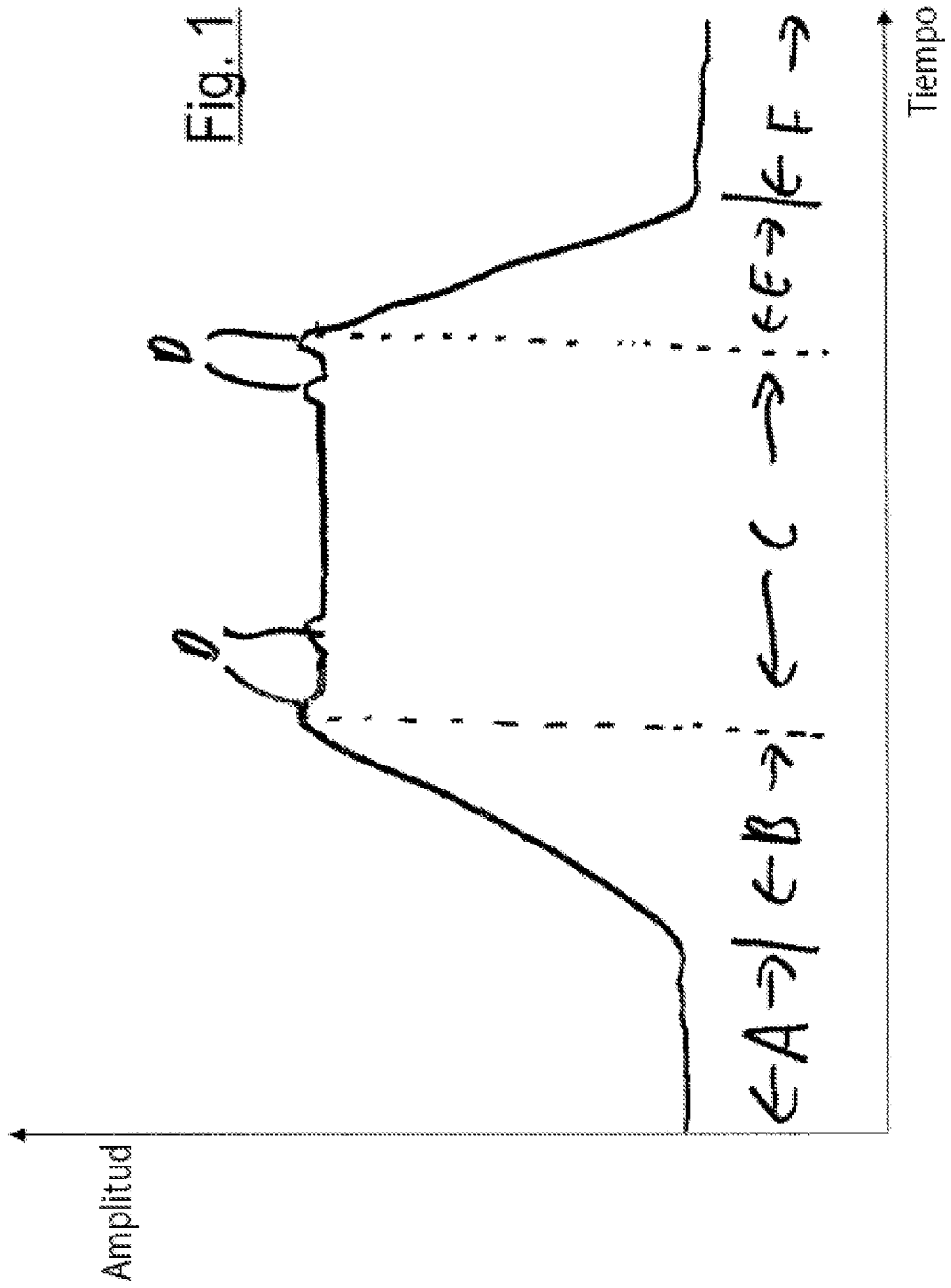
un transductor acústico que comprende un cable sensor de fibra óptica (1a, 1b) próximo al ferrocarril adaptado para captar señales acústicas;

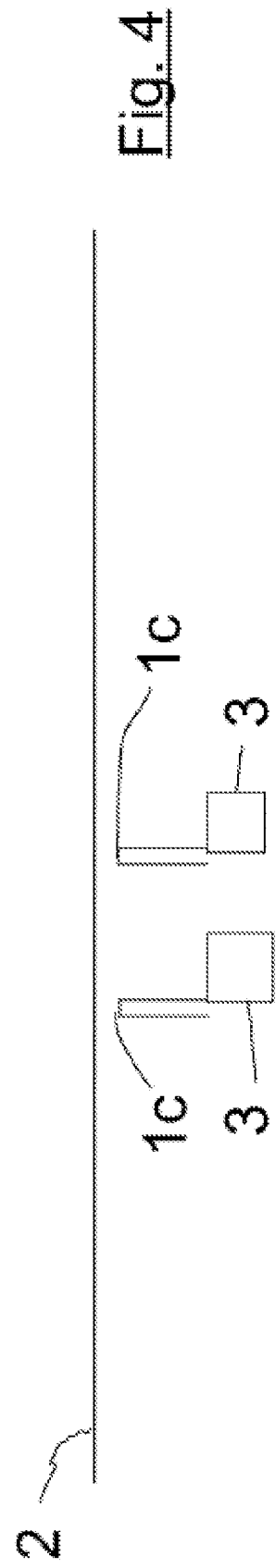
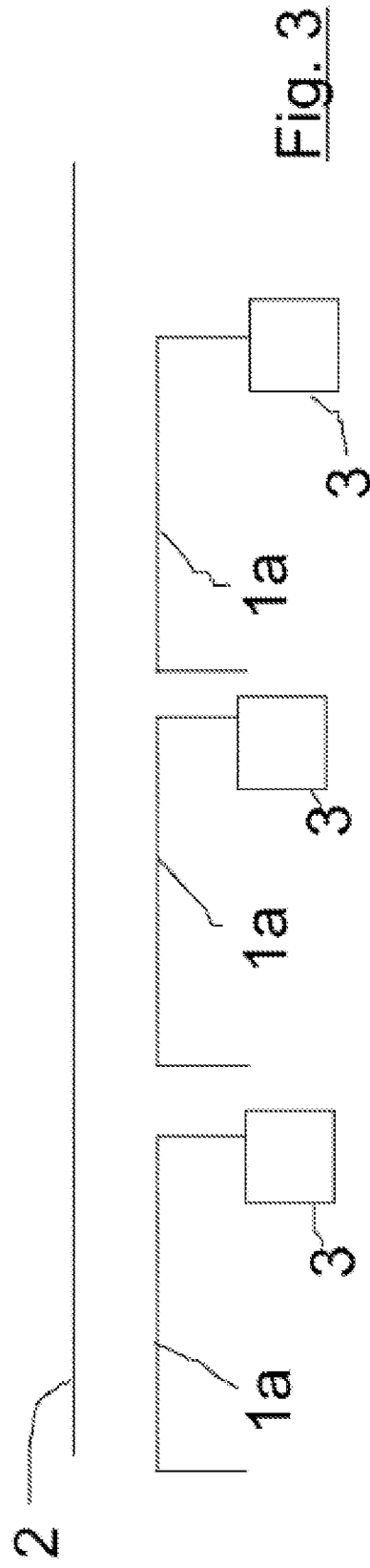
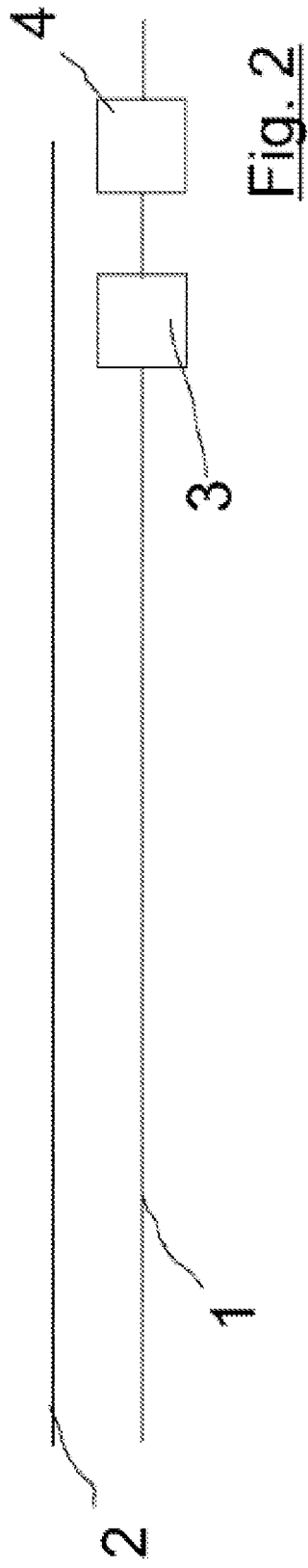
un receptor (3) adaptado para recibir señales acústicas del transductor (1a, 1b);

- 5 y medios de procesamiento (4) adaptados para analizar las señales recibidas que comprenden identificar una marca de un tren, teniendo la marca picos determinados cuando los ejes del tren pasan por una anomalía en la vía que resulta en una vibración característica cuando una rueda de tren pasa sobre ella;

y para detectar vibraciones en una superficie exterior de la fibra (1a, 1b) para revelar fallas en el tren, en donde la anomalía en la vía comprende una junta de vía aislada, una junta de vía, un conjunto de puntos o un objetivo u objetivos específicamente colocados en la vía.

- 10 13. Aparato como se reivindica en la reivindicación 12, en el que los medios de procesamiento están adaptados además para comparar las vibraciones detectadas con una marca pregrabada de un objeto.





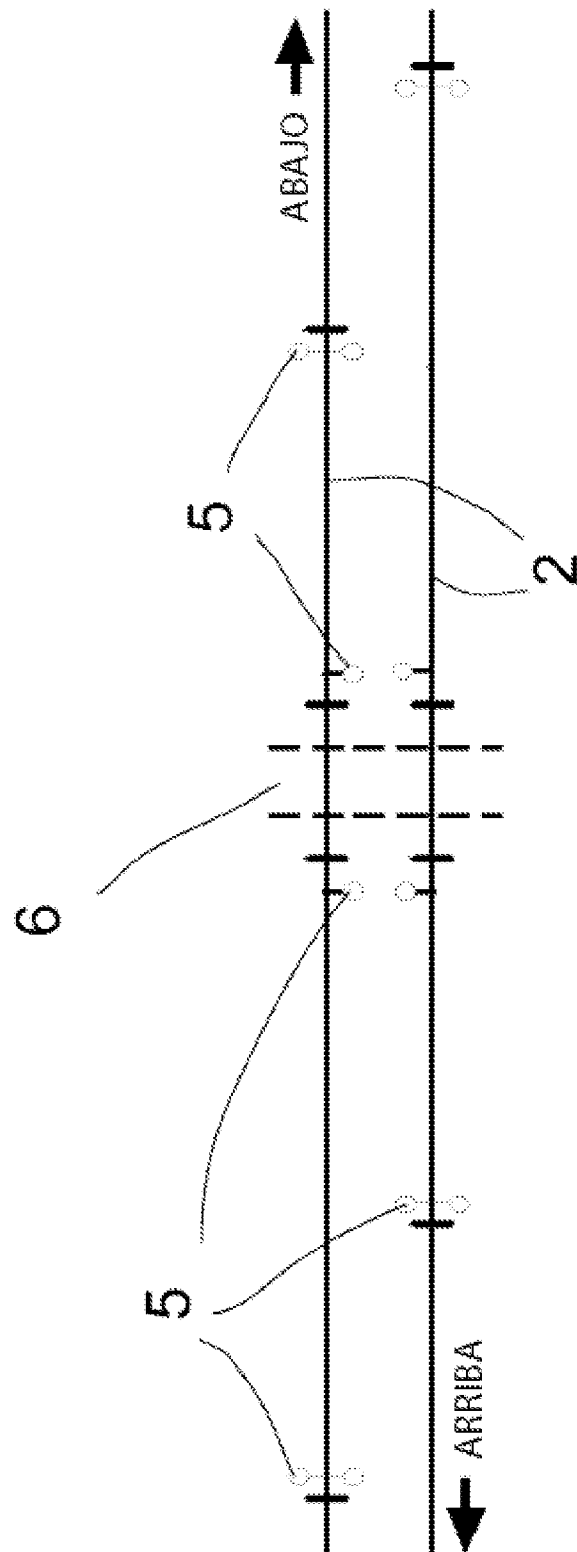


Fig. 5

