

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 877**

51 Int. Cl.:

B61L 29/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2011** **E 11770189 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015** **EP 2616307**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la detección precoz de trenes**

30 Prioridad:

17.09.2010 NO 20101301

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

01.03.2016

73 Titular/es:

WAVETRAIN SYSTEMS (100.0%)

**Vollsvelen 19
1366 Lysaker, NO**

72 Inventor/es:

**LINGVALL, FREDRIK y
DANIELSEN, TRON**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 561 877 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 y procedimiento para la detección precoz de trenes.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema y un procedimiento para la detección de un tren lejano en movimiento sobre raíles de ferrocarril y a la subsecuente generación de señales para advertencia precoz en un paso a nivel sin vigilancia o en otros lugares en los que trenes en aproximación constituyan un peligro. De acuerdo con la invención, el sistema también puede utilizarse para generar señales que representen las características del tren detectado tales como el tipo de convoy, su velocidad y dirección.

Antecedentes

Los pasos a nivel son a menudo escena de trágicos accidentes en los que conductores de automóviles o bicicletas, así como también peatones, subestiman los riesgos de estos cruces ferroviarios. En la escala mundial los accidentes en pasos a nivel cobran miles de víctimas anuales, sobre todo en los cruces que carecen de vigilancia. La página [Http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/railsafety0304.pdf](http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/railsafety0304.pdf) de la Oficina de Regulación de Ferrocarriles en el Reino Unido refleja que –por sí sola- la red de ferrocarriles de Gran Bretaña ocasionó en 2014 dieciocho muertes entre el público, diecisiete de las cuales acontecieron en cruces sin vigilancia.

La detección y advertencia por medios manuales es el procedimiento más utilizado cuando ha de realizarse mantenimiento en las líneas de raíles sobre los que operan trenes. Normalmente uno o más operarios de mantenimiento se encarga(n) de supervisar la línea desde una ubicación alejada del lugar en el que se realizan las tareas y cuando aparece un tren, se comunica(n) con los colegas que están trabajando.

Se han desarrollado varios sistemas para detectar la ubicación específica de un tren. En ellos el tren es detectado cuando pasa un sensor y la señal de salida de este sensor se utiliza para activar un sistema de advertencia precoz o una barrera automática en un paso a nivel. El sensor puede comunicarse con la barrera o con el sistema de advertencia precoz a través de un cable o por medio de señales de radiofrecuencia.

La patente norteamericana 5.924.651 presenta un sistema y procedimiento de advertencia precoz para advertir a las personas en la vecindad de raíles de ferrocarril sobre la presencia de un tren en aproximación. Utiliza un transmisor para emitir una señal de advertencia en respuesta a la detección de un tren que transita sobre las vías.

Los indios de Norteamérica conocían el procedimiento de detección precoz de trenes mediante la escucha del sonido que se produce en los raíles. Escuchando durante un período podían determinar si el tren se acercaba o se alejaba.

La patente norteamericana 5,265,831 describe un procedimiento y un aparato para detectar el sonido de un impacto a través de un receptor, como en el caso de un vehículo sobre raíles que se aproxima a una ubicación específica. Si la intensidad de la señal de salida del receptor de sonido supera un cierto nivel durante un tiempo mínimo, se emite una señal de advertencia.

EP 0 816 200 A1 revela un procedimiento para la detección precoz de un tren en movimiento sobre una vía de raíles, a través de un sistema acústico de seguridad ferroviaria compuesto por una o más unidades de sensor preparadas para ser fijadas por lo menos a un rail.

Resumen

En vista de la elevada cantidad de trágicos accidentes relacionados con cruces ferroviarios a nivel sin vigilancia a pesar de los numerosos intentos para solucionar los problemas ya descritos en Antecedentes, es claro que las soluciones automáticas para sistemas de seguridad implementadas hasta ahora no han sido exitosas y los problemas relacionados con la protección del público en los pasos a nivel ferroviarios están aún pendientes de resolución.

Cuando es preciso realizar mantenimiento previsto o imprevisto en algún lugar a lo largo de la línea de raíles, es común utilizar sistemas de advertencia manual para proteger a quienes trabajan en la línea.

En ciertos distritos ferroviarios existen grandes riesgos de embestir animales salvajes. Además del sufrimiento de las bestias, este tipo de accidente es muy desagradable para el personal del tren que a menudo debe liquidar al animal antes de seguir viaje. La invención aquí presentada puede utilizarse para ahuyentar a esos animales mediante el uso de señales de luz o sonido en los casos en que se detecte un tren en aproximación en las cercanías de donde sendas o huellas de animales cruzan las vías.

La invención aquí presentada es un sistema de advertencia precoz y un procedimiento que puede utilizarse en todas

las circunstancias descritas aquí arriba para reducir el riesgo de accidentes en las vías del ferrocarril. Como se sabrá, la velocidad de los trenes aumenta gradualmente en la medida en que la tecnología tanto de los trenes mismos como de las vías se perfecciona de manera constante. La detección precoz -entendiendo por ello la detección de trenes a cada vez mayor distancia desde el lugar de la advertencia- gana importancia de este modo. Esto dicho, ni la detección precoz ni la advertencia precoz son deseables en todas las circunstancias; ya que algunos trenes son considerablemente más lentos que otros y advertencias demasiado precoces pueden resultar en un sistema ineficiente con períodos de advertencia demasiado largos. Con esto en mente, la presente invención permite la detección de trenes con diversas velocidades y envía señales para cerrar los pasos a nivel en un lapso constante antes de que el tren pase.

Acorde con la invención, el sistema y el procedimiento poseen varias ventajas:

Este sistema y procedimiento para la detección precoz de trenes es capaz de detectar trenes con anterioridad a lo que lo hacen las obras de arte precedentes debido a una nueva tecnología de sensores de bajo ruido y al arreglo de sensores en lugares específicos a lo largo del raíl; allí donde la relación señal/ruido es óptima.

Además, en una realización de la invención este sistema es capaz de calcular una o más señales de salida, como por ejemplo una señal de advertencia basada en la distancia entre el tren y el lugar de la advertencia, la dirección de avance y velocidad del tren, el tiempo restante hasta que el tren arribe a ese lugar, etc.

Según la invención el sistema es autónomo, vale decir que no inhabilita otros sistemas existentes a lo largo de la vía o en el tráfico del ferrocarril y sólo requiere efectuar pequeñas instalaciones técnicas.

El sistema puede ser permanente o temporario pudiendo ser instalado de manera permanente en las cercanías de un paso a nivel, como también ser utilizado por una cuadrilla de mantenimiento montándolo temporariamente para cada proyecto de mantenimiento.

De acuerdo con la invención, los aspectos mecánicos y funcionales del sistema hacen que éste sea fácil de montar y operar, reduciendo así los costos asociados con sistemas de advertencia fijos o temporarios. De esta manera, el diseño ventajoso lo hace apropiado para pasos a nivel remotos en donde la relación costo/beneficio ha obstaculizado la instalación de obras de arte precedentes.

Breve descripción de los dibujos

Esta invención se explica en mayor detalle mediante referencia a las ilustraciones que se acompañan, en las que se muestran realizaciones de la invención.

La figura 1 ilustra una realización de la invención en donde se detectan y analizan las señales (s1), es decir las ondas propagadas por el tren a través de los raíles.

La figura 2 ilustra una realización de la invención en un dibujo esquemático en el que las señales (s1) ya descritas y las señales (s2) propagadas sísmicamente por el tren son detectadas y analizadas.

La figura 3 ilustra una realización de la unidad del sensor de acuerdo a la invención.

La figura 4 ilustra en una perspectiva seccional una realización de algunos de los componentes mecánicos de la unidad de sensor y la fijación de la unidad del sensor al raíl mediante la utilización de abrazaderas.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

El sistema y el procedimiento propuestos para la detección precoz de trenes se basan en la instalación de múltiples sensores capaces de detectar varias características de trenes moviéndose sobre vías ferroviarias, emitiendo señales de advertencia o señales de información en ciertos lugares a lo largo de las vías en proximidad al tren en movimiento. El objetivo principal de la invención es proporcionar un sistema simple y seguro para detectar trenes en pasos a nivel ferroviarios carentes de vigilancia. No obstante, la invención puede también utilizarse en cualquier lugar donde la detección precoz de trenes en movimiento sea de importancia; como en el caso de sitios de tareas de mantenimiento de vías ferroviarias.

Las ondas generadas por trenes en aproximación viajan a través de los raíles y de la superficie subyacente y son registradas por sensores ubicados en el área vigilada, como por ejemplo un paso a nivel. La detección precoz de estos trenes se facilita en razón de los siguientes principios referidos a la figura 1:

Las velocidades de propagación de una primera señal (s1) –ondas de sonido que se propagan a través de los raíles– son mayores que la velocidad de los trenes en movimiento (6). Consecuentemente, los frentes de onda inducidos por un tren arriban al punto de observación mucho antes de lo que lo hace el propio tren (6).

Debido a su gran masa, los trenes en movimiento (6) generan ondas (10a, 10b) de gran amplitud. Las distancias que estas ondas pueden trasladarse son muy grandes en razón de los escasos efectos atenuantes. Así, el perfil particular de estos trenes de ondas puede ser identificado aún a grandes distancias (lo que aumenta el tiempo disponible para la alerta). En general los raíles se comportan como guías de onda, por lo que estas ondas poseen mayores amplitudes que las ondas sísmicas.

Asumiendo que las estipulaciones del sistema de terraplenes para carriles ferroviarios se mantienen estables, las ondas propagadas por trenes similares sufren pequeñas variaciones tanto en amplitud, frecuencia y características de la señal. Esto permite la definición de "imágenes de onda" características o firmas, correspondientes a distintos tipos de trenes.

Los rasgos característicos de los registros acústicos y sísmicos permiten la aplicación de distintas técnicas de procesamiento de señales (correlación de forma de onda, análisis de ondículas y procedimientos de circunvolución de señales) que se utilizan en los algoritmos de detección.

Una vez confirmada la detección de un tren a través del análisis en tiempo real, una señal disparadora es emitida de inmediato hacia las instalaciones de señalización existentes (luces intensivas, gongos y timbres) o al controlador de la barrera. Las señales derivadas de la detección del tren y que comprenden la dirección de avance, la velocidad, el tiempo estimado de arribo, etc. pueden también ser enviadas en una realización de la invención a un centro de control para su análisis o registro.

En el texto que sigue, la invención y sus realizaciones se describen haciendo referencia a los dibujos.

La figura 1 ilustra una realización de la invención en un dibujo esquemático donde un sistema de detección de trenes (1) comprende una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) dispuestas para ser fijadas a por lo menos uno de los raíles (10a, 10b) de una vía de tren, en donde cada una de las unidades de sensor (2a, 2b,...) está ajustada para detectar una primera señal (s1) inducida por un tren en movimiento (6) y propagada por los raíles (10a, 10b), en donde cada unidad de sensor (2a, 2b...) está dividida en por lo menos una primera cámara (21) y una segunda cámara (22), en donde la primera y la segunda cámara (21 y 22) están separadas por una barrera electromagnética (23); en donde la primera cámara comprende:

- un elemento piezoeléctrico (24) fijo a una pared exterior (25) de la primera cámara (21),
- un amplificador (26) preparado para amplificar una primera señal de salida del elemento (s1eo) que representa la primera señal (s1) detectada por el elemento piezoeléctrico (25), donde la primera señal de salida del sensor (s1') es la señal de salida del amplificador (26) amplificada; la barrera electromagnética (23) comprendiendo una o más conexiones de interfaz (27) diseñadas para transferir la primera señal de salida del sensor (s1') desde la primera cámara (21) hacia la segunda cámara (22).

En una realización, la primera y/o la segunda cámara se compone(n) de una o más cajas metálicas (21a, 22a,...) ubicadas dentro de las unidades de sensor (2a, 2b,...). Estas cajas metálicas protegen aún más al amplificador de bajo ruido (26) contra el ruido externo producido afuera de las unidades de sensor (2a, 2b,...). En esta realización, la barrera electromagnética (23) que separa las cámaras puede estar constituida por las paredes de las cajas metálicas (21a, 22a,...).

La ubicación y disposición del elemento piezoeléctrico (24) es importante para obtener la mejor relación señal/ruido en la detección de la primera señal (s1). Cálculos y experimentos demuestran que puede ser ventajoso detectar la señal al costado de la cabeza del raíl. Por ello, en una realización la unidad de sensor (2a, 2b,...) está preparada para ser montada en el costado vertical de la cabeza del raíl (10b,10b). En una realización, la unidad de sensor (2a, 2b,...) comprende además un segundo elemento piezoeléctrico (24a) que no aparece en los dibujos y que está preparado para ser montado sobre la cara inferior de la cabeza (10h) del raíl en cuestión (10a, 10b).

Acorde a una realización alternativa, las unidades de sensor (2a, 2b,...) comprenden dos o más elementos piezoeléctricos, en donde cada uno de estos se aplica contra el raíl. Los elementos piezoeléctricos pueden estar todos montados sobre el costado de la cabeza del raíl, sobre el alma del raíl o en combinaciones de la cabeza, el alma y la zapata. En esta realización, las señales de los elementos piezoeléctricos pueden combinarse en la unidad de sensor o amplificarse separadamente antes de ser procesadas.

Acorde a una realización de la invención, el sistema de seguridad para detección de trenes (1) comprende una unidad de control (3) compuesta por un procesador de señales (31) diseñado para recibir la primera señal de salida del sensor (s1') que representa las primeras señales (s1) de cada una de las unidades de sensor (2a, 2b,...) y que procesa las primeras señales de salida del sensor (s1') generando una señal de advertencia de tren (s10) que representa las características del tren en movimiento (6) basadas en las características de las primeras señales de salida del sensor (s1').

Las realizaciones descritas arriba y las que siguen pueden combinarse en configuraciones diferentes, de tal forma

que algunas de las cámaras sean cajas metálicas mientras otras no lo sean. Las distintas realizaciones de sensores y configuraciones pueden por lo tanto combinarse también con otros diseños de configuraciones de sistemas de control utilizados para generar una señal de advertencia.

5 En una realización la invención es un procedimiento para la detección precoz de un tren en movimiento (6) sobre una vía de raíles de ferrocarril mediante el uso de un sistema de seguridad de detección de trenes (1) compuesto por una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) dispuestas para ser fijadas a por lo menos un raíl (10a, 10b) e incluyendo los siguientes pasos:

- 10
- la fijación de una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) a por lo menos un raíl (10a, 10b),
 - la detección por las unidades de sensor (2a, 2b,...) de una o más primeras señales (s1) propagadas acústicamente desde el tren (6) a través de los raíles (10a, 10b),
- 15
- la recepción de unas primeras señales de salida del sensor (s1') que representan las primeras señales (s1) en un procesador de señales (31),
 - el procesamiento de la primera señal de salida del sensor (s1') en el procesador de señales (31) y la generación de una señal de advertencia de tren (s10) que representa las características del tren en movimiento (6) basadas en las características de la primera señal de salida del sensor (s1').
- 20

En una realización, el procedimiento para la detección precoz de un tren en movimiento (6) comprende los siguientes pasos:

- 25
- detección de la primer señal o de las primeras señales (s1) por uno o más elementos piezoeléctricos (24) fijados a una pared externa (25) de una primer cámara (21) en cada una de las unidades de sensor (2a, 2b,...),
 - amplificación de la primera señal de salida del elemento (s1eo) que representa la primer señal (s1) detectada por el elemento piezoeléctrico (25) en un amplificador situado en la primer cámara (21),
- 30
- alimentación de la primera señal de salida del sensor (s1') de cada unidad de sensor (2a, 2b,...), mediante conexiones de interfaz (27) a través de una barrera electromagnética en cada unidad de sensor (2a, 2b,...), desde la primer cámara (21) a una segunda cámara (22), y
- 35
- transferencia de la primera señal de salida del sensor (s1') o de una modificación de la primera señal de salida del sensor (s1') desde las unidades de sensor (2a, 2b,...) al procesador de señales (31) del nombrado sistema de control (3). De acuerdo a una realización, la primera señal de salida del sensor (s1') se modifica o convierte en la segunda cámara (22) adquiriendo un formato más favorable para la transmisión de señales, antes de ser transferida al sistema de control.
- 40

En una realización alternativa de la invención, el sistema de detección de trenes (1) comprende una unidad de control (3) y una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) dispuestas para ser fijadas a por lo menos uno de los raíles (10a, 10b) de una vía ferroviaria.

45 Cada una de las unidades de sensor (2a, 2b,...) está calibrada para detectar una primer señal (s1) inducida por un tren en movimiento (6) y propagada por los raíles (10a, 10b).

50 La unidad de control (3) que comprende un procesador de señales (31) está preparada para recibir unas primeras señales de salida del sensor (s1') que representan las primeras señales (s1) de cada una de las unidades de sensor (2a, 2b,...), procesando continuamente las primeras señales de salida del sensor (s1') y generando una señal de advertencia de tren (s10) que representa las características del tren en movimiento (6) basadas en las características de las primeras señales de salida del sensor (s1').

55 En una realización la invención es un procedimiento para detección precoz de un tren (6) en movimiento sobre raíles (10a, 10b) a través de un sistema de seguridad de detección de trenes (1) como el descrito aquí arriba, compuesto por los siguientes pasos:

- 60
- fijación de una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) a por lo menos uno de los raíles (10a, 10b) de una vía ferroviaria,
 - detección de una o varias primeras señales (s1) inducidas por un tren en movimiento (6) a través de los raíles (10a, 10b) mediante las unidades de sensor (2a, 2b,...),
- 65
- recepción de las primeras señales de salida del sensor (s1'); que representan las primeras señales (s1) en el procesador de señales computarizado (31),

- procesamiento continuo de la primera señal de salida del sensor (s1') en el procesador de señales computarizado (31) y generación de una señal de advertencia de tren (s10) que representa las características del tren en movimiento (6) basadas en las propiedades de la primera señal de salida del sensor (s1') de por lo menos dos unidades de sensor (2a, 2b,...).

En una realización de la invención, el procesador de señales (31) está computarizado. El procesador de señales (31) puede hacer uso de uno o más procesadores físicos ubicados dentro de un ordenador para efectuar los cálculos descriptos arriba. En una realización, el procesador de señales (31) está parcialmente empotrado en el hardware específicamente diseñado para las tareas descritas anteriormente.

Acorde a una realización de la invención, el sistema de detección de trenes (1) comprende dos o más unidades de sensor (2a, 2b,...)

Una de las ventajas del sistema es su habilidad para determinar diversas características de tren en movimiento (6) como la dirección de avance, velocidad, etc. mediante la recepción y comparación de las señales de múltiples unidades de sensor (2a, 2b,...). Aun así, y en razón de pequeñas diferencias de señal existentes a lo largo del raíl empleado por el sistema entre dos sensores, algunas características pueden ser difíciles de determinar; como por ejemplo la dirección de avance. Acorde a una realización de la invención y para mejorar la diferencia de señales entre sensores dispuestos sobre un mismo raíl, se monta un amortiguador acústico (7) diseñado para amortiguar la primer señal (s1), en contacto con el raíl (10a, 10b) y entre dos unidades de sensor (2a, 2b,...) fijas al mismo raíl (10a, 10b). Este amortiguador puede ser una almohadilla calibrada como las que se utilizan en los pasos a nivel ferroviarios fabricados en caucho, o cualquier otro amortiguador acústico apropiado. Puede estar fabricado en caucho, madera, en una combinación de ambos o en cualquier otro material con buenas condiciones de atenuación acústica.

En una realización de la invención, el procesador de señales (31) comprende un detector de envolvente (32) diseñado para la detección continua de una señal envolvente (s1'e) de la primera señal de salida del sensor (s1') de cada unidad de sensor (2a, 2b,...) y un comparador de señales envolventes (33) diseñado para la comparación continua de las señales envolventes (s1'e) detectadas en un segmento temporal (T) a partir de la primera señal de salida del sensor (s1') de por lo menos una unidad de sensor (2a, 2b,...) con una señal envolvente predefinida (s1'p), en donde el procesador de señales computarizado (31) está arreglado para generar una señal de advertencia de tren (s10) que indica un tren en aproximación (6) cuando la señal envolvente (s1'e) posee una amplitud progresivamente más alta que la de la señal envolvente predefinida (s1'p) a lo largo del segmento temporal (T). Las señales (s1') y (s2') y las señales envolventes (s1'e) ilustradas en las figuras 1 y 2 se grafican ahí solamente con fines aclaratorios, ya que tanto las señales como sus envolventes pueden adoptar formas distintas. Una señal (s1') y (s2') tendrá por lo general varios componentes de frecuencia y sus amplitudes variarán acorde a -por ejemplo- la velocidad del tren, la distancia y el tipo de convoy.

Las señales envolventes predefinidas (s1'p) utilizadas en la comparación pueden determinarse específicamente para cada tipo de tren que opera en la red ferroviaria. Esto dicho, para mejorar la sensibilidad del sistema de detección de trenes (1) puede calcularse una señal envolvente predefinida todavía más ajustada a través del registro de estas señales en aquellas localidades específicas donde se instalen los sensores de trenes (2a, 2b,...). Estas señales registradas pueden entonces analizarse para obtener una envolvente característica pasible de ser utilizada como señal envolvente predefinida.

Según la invención también es posible enseñar al sistema de detección de trenes (1), por ejemplo mediante la continua adición de señales envolventes (s1'e) -registradas cada vez que un tren pasa los sensores (2a, 2b,...)- a una colección de señales envolventes predefinidas (p1'e). Acorde con una realización de la invención, las señales envolventes predefinidas (p1'e) existentes pueden también optimizarse mediante la aplicación de análisis estadísticos o de técnicas de circunvolución como valor medio y cálculo de mediana para las señales envolventes (s1'e) medidas de manera continua. El adiestramiento puede hacerse con anterioridad o durante la operación del sistema de detección de trenes (1).

En una realización de la invención, el comparador de señales envolventes (33) se ajusta para la comparación continua de la señal envolvente (s1'e) de la primera señal de salida del sensor (s1') de por lo menos dos unidades de sensor (2a, 2b,...) fijas al mismo raíl (10a, 10b), además de para detectar la dirección de avance (s11) del tren en movimiento; en donde la señal de advertencia de tren (s10) incluye la dirección de avance (s11) del tren (6).

Es deseable que la dirección de avance se especifique con relación a los raíles (10a, 10b) o bien a los puntos cardinales.

En una realización el sistema de seguridad para detección de trenes (1) se adapta -según la invención- para detectar el tipo de tren que se desplaza mediante la comparación de la señal envolvente (s1'e) con señales envolventes predefinidas (p1'e) para diferentes tipos de trenes. La longitud de la envolvente para las señales envolventes predefinidas (p1'e) de diferentes tipos de trenes debería bastar para discernir el tipo específico de tren, pero no tiene

necesariamente que comprender una envolvente para todo el conjunto o todos los conjuntos de trenes. En esta realización, el procesador de señales computarizado (31) se ajusta para generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa un tipo (s12) de tren en movimiento (6) cuando el comparador de señales envolventes (33) detecta que la señal envolvente (s1'e) equivale a una señal envolvente predefinida (s1'p) a lo largo del segmento temporal (T).

En una realización, el procesador de señales computarizado (31) está preparado para generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa el tiempo que resta hasta que el tren en movimiento (6) arribe al lugar en donde los sensores (2a, 2b,...) están dispuestos, o a otro lugar a lo largo de la vía de raíles (10a, 10b) cuya posición relativa con respecto a la ubicación de los sensores es conocida.

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de seguridad para detección de trenes (1) se utiliza para asegurar el cruce en un paso a nivel. En esta realización, por lo menos dos de las unidades de sensor ya mencionadas (2a, 2b,...) se ubican sobre el mismo raíl (10a, 10b) en lados opuestos del paso a nivel ferroviario. No obstante esto, las unidades de sensor (2a, 2b,...) pueden también ubicarse en el mismo lado del paso a nivel si eso es más conveniente para una instalación específica.

De acuerdo a una realización de la invención, el procesador de señales computarizado (31) está preparado para generar una señal de advertencia de tren (s10) que comprende el tiempo de espera que encontrará un vehículo aguardando a cruzar un paso a nivel. Este tiempo de espera puede ser el tiempo que resta hasta que el tren pase con un margen de seguridad. El tiempo de espera puede ser una información útil para el conductor y podría evitar situaciones de riesgo, como cuando el conductor decide tomar el albur de cruzar las vías en razón de que no puede ver ningún tren aproximándose. Un indicador de tiempo de espera sería un indicio de que el sistema está operativo y un incentivo para que el conductor espere hasta que el tren haya pasado.

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de seguridad para detección de trenes (1) comprende un comparador de señales acústicas (34) preparado para contrastar componentes de frecuencia de hasta 50 kHz en la primera señal de salida del sensor (s1') de por lo menos dos unidades de sensor (2a, 2b,...).

Según una realización de la invención, la sensibilidad del sistema de detección de trenes puede mejorarse combinando las primeras señales de salida del sensor (s1') o las señales envolventes (s1'e) de dos o más unidades de sensor (2a, 2b,...) antes de comparar la señal resultante con señales envolventes predefinidas (p1'e).

Según una realización de la invención, la señal combinada es un valor promedio de las señales envolventes (s1'e). Las primeras señales de salida del sensor (s1') pueden procesarse con la transformada de Fourier antes de combinar los diferentes componentes de frecuencia. En esta realización, algunos de los componentes de frecuencia pueden considerarse más relevantes que otros. También puede utilizarse un filtro de paso de banda -o uno de paso bajo, o uno de paso alto- para reducir la contribución de componentes de frecuencia que primariamente representan ruido. La combinación de señales en la forma que se describe más arriba mejorará la relación señal/ruido y hará posible detectar trenes con mayor antelación. También haría más exacto el cálculo de señales de advertencia a emitir representando parámetros como distancia, velocidad, dirección y tiempo de arribo.

En una realización de la invención, el sistema de detección de trenes (1) comprende cuatro unidades de sensor (2a, 2b,...), dos a cada lado de un amortiguador acústico (7) en la dirección de los raíles (10a, 10b). En esta realización, dos de los sensores ubicados a un lado pueden operar como un par para optimizar la relación de señal/ruido resultante mediante la aplicación de técnicas de circunvolución u otras técnicas relevantes de procesamiento de señales, como ya se ha descrito. Cuando la señal que resulta de cada par se compara con la producida con el otro par de unidades de sensor (2a, 2b,...), puede derivarse la presencia de un tren en movimiento (6) y su dirección de avance, velocidad, etc. utilizando las señales producidas mediante la comparación continua de sus envolventes de señal y de las envolventes de señal predefinidas para los tipos de trenes conocidos.

Las características de las unidades de sensor (2a, 2b,...) son importantes para la capacidad del sistema de seguridad para detección de trenes (1) en cuanto a detección precoz de trenes. Según la invención, cada unidad de sensor (2a, 2b,...) está dividida en por lo menos una primera cámara (21) y una segunda cámara (22) en donde la primera y la segunda cámara (21,22) están separadas por una barrera electromagnética o EMC (barrera de Compatibilidad Electromagnética) (23). La primer cámara (21) comprende:

- un elemento piezoeléctrico (24) fijo a una pared exterior (25) de la primer cámara (21),
- un amplificador (26) preparado para amplificar una primera señal de salida del elemento (s1eo) que representa la primer señal (s1) detectada por el elemento piezoeléctrico (25), donde la primera señal de salida del sensor (s1') es la salida amplificada del amplificador (26); la barrera electromagnética (23) comprendiendo uno o más condensadores de alimentación (27) dispuestos para transferir la primera señal de salida del sensor (s1') desde la primer cámara (21) a la segunda cámara (22); la segunda cámara (22) comprendiendo uno o más bujes (28) que atraviesan una de las paredes exteriores (29); los bujes diseñados para cables eléctricos que transportan la primera señal de salida del sensor (s1'). Según la invención, la

unidad de sensor (2a, 2b,...) es capaz de detectar y amplificar las primeras señales (s1) del tren en movimiento (6), donde las primeras señales de salida del sensor (s1') tienen una baja relación señal/ruido a raíz de la disposición del elemento sensor, que está fijado directamente a la pared exterior de la unidad de sensor. En una realización, la pared exterior (25) de la unidad de sensor (2a, 2b,...) está pegada directamente sobre el raíl (10a, 10b). El tipo de adhesivo a utilizar depende de la aplicación particular del sistema. Si bien un adhesivo de larga duración o tornillos fijadores pueden aplicarse en una instalación permanente, en un sistema de detección de trenes (1) montado en el sitio de un mantenimiento puede utilizarse un adhesivo temporario que permita su posterior remoción. La unidad de sensor de dos cámaras con condensadores de alimentación (27) reduce el ruido que se introduce a la primer cámara (21) y optimiza de esta manera la relación señal/ruido del sistema. En una realización de la invención, el elemento sensor puede ser un elemento piezoeléctrico (24) directamente adherido o atornillado a la pared exterior (25).

Como alternativa a los adhesivos y a los tornillos, en una realización puede ser ventajoso sujetar la unidad de sensor (2a, 2b,...) al raíl (10a, 10b) mediante el uso de una abrazadera como se ilustra en la figura 4, en donde una abrazadera (50) se acondiciona para sujetar la unidad de sensor (2a, 2b,...) al raíl (10a, 10b).

En razón de las restricciones de tamaño en las instalaciones de las vías, las dimensiones físicas de los sensores deben ser pequeñas.

En una realización de la invención, los sensores se basan en tecnología de acelerómetros, donde las unidades de sensor (2) comprenden un elemento piezoeléctrico () y un amplificador silencioso. El elemento piezoeléctrico (24) puede fijarse al piso del receptáculo de la unidad de sensor (2), asegurando de esta manera un buen contacto acústico entre el elemento piezoeléctrico () y el receptáculo.

Conforme a la invención, también pueden utilizarse otros sensores en el sistema y procedimiento. Robustez y sensibilidad son aquí parámetros importantes, en donde posibles candidatos a ser utilizados como sensores pueden ser geófonos o MEMS basados en tecnología de semiconductores. Sensores de reducida dimensión pueden fijarse directamente a los raíles utilizando adhesivos en razón de la conectividad acústica buscada, o bien pueden taladrarse orificios en el raíl a fin de fijar estos sensores con tornillos a la cara exterior, o diseñarse un sistema de fijación mediante el uso de abrazaderas. Una opción alternativa es fijar los sensores a los durmientes de concreto, al costado de o entre los raíles.

Acorde a una realización de la invención y si se desea aplicar procedimientos de correlación y circunvolución para el análisis de los datos, han de instalarse varios sensores en ambos raíles. Estos sensores pueden instalarse a intervalos equidistantes o bien a intervalos variables a lo largo de la línea de raíles, dependiendo del algoritmo de procesamiento de señales que se quiera utilizar.

En una realización de la invención, para detectar el tren en movimiento se utilizan señales sísmicas en combinación con señales acústicas, como se ilustra en la figura 2. Se arreglan una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) para detectar una segunda señal (s2), propagada sísmicamente por el tren (t) a través del suelo, donde el procesador de señales computarizado (31) está dispuesto para recibir una señal de salida del segundo sensor (s2') que representa la segunda señal (s2) de una o más unidades de sensor (2a, 2b,...), procesando continuamente la señal de salida del segundo sensor (s2') y generando la señal de advertencia de tren (s10) que representa las características del tren en movimiento (6) basadas en las características de las primeras señales de salida del sensor (s1') y las señales de salida del segundo sensor (s2').

En una realización de la invención, se utilizan distintas unidades de sensor (2a, 2b,...) para detectar señales acústicas y sísmicas. Más aún, los cables sensores de cada unidad de sensor (2a, 2b,...) pueden correr separadamente todo el trayecto desde cada sensor hasta la unidad de control (3). En esta realización, la unidad de control (3) puede hacer uso de diferentes algoritmos para procesar las señales (s1') y (s2') provenientes de los respectivos detectores sísmicos y acústicos.

En una realización aventajada de la invención, los sensores se encuentran ubicados cerca del sistema de control o del sistema de adquisición de datos y los cables conectores son convenientemente cortos. Aun así, una realización de la invención utiliza cables sensores de hasta cien metros de longitud para transportar las señales desde los sensores hasta los sistemas de adquisición de datos. Pese a que se utilizan cables de alta resistencia, si se trata de instalaciones fijas que se prevé permanezcan montadas durante meses los cables han de cubrirse con revestimientos protectores para evitar sufrir daños.

En una realización de la invención el manejo, conversión digital y almacenamiento de los datos acústicos/sísmicos se realiza a través de un sistema de adquisición de datos capaz de procesar datos de canales múltiples en modo continuo. Según el testimonio de personas capacitadas en la materia, el equipo requerido para estas necesidades es de nivel estándar en aplicaciones sísmicas o acústicas.

En una realización de la invención, si se detecta una anomalía en la línea de raíles (10a, 10b) se genera una señal de advertencia de tren (s10) que incluye una señal de anomalía en los raíles (s14). Esta señal de anomalía en los

5 raíles (s14) puede generarse cuando no hay un tren en los raíles y las características del ruido difieren de las condiciones normales. Puede estar provocada por una diferencia imprevista en la señal recibida del tren sobre dos raíles de la vía que soporta al mismo tren, como en el caso de una diferencia en la señal envolvente o una diferencia en los componentes de frecuencia. En una realización similar, la señal anómala de un tren también puede generarse cuando las señales recibidas indican una anomalía en el tren, como en el caso de problemas con ruedas dañadas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de seguridad de detección de trenes (1), que comprende una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) dispuestas para ser fijadas a por lo menos uno de los raíles (10a, 10b) de una vía de tren,
- en el que cada una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) está dispuesta para detectar una primera señal (s1) inducida por un tren en movimiento (6) y propagada por dichos raíles (10a, 10b), caracterizado por que:
 - cada una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) está dividida en por lo menos una primera cámara (21) y una segunda cámara (22), estando dicha primera y segunda cámaras (21 y 22) separadas por una barrera electromagnética (23); comprendiendo dicha primera cámara (21):
 - un elemento piezoeléctrico (24) fijado a una pared exterior (25) de dicha primera cámara (21),
 - un amplificador (26) dispuesto para amplificar una primera señal de salida del elemento (s1eo) que representa dicha primera señal (s1) detectada por dicho elemento piezoeléctrico (25), siendo dicha primera señal de salida del sensor (s1') dicha señal de salida amplificada del amplificador (26), comprendiendo dicha barrera electromagnética (23) uno o más condensadores de paso (27) dispuestos para transferir dicha primera señal de salida del sensor (s1') desde dicha primera cámara (21) hasta dicha segunda cámara (22).
- 10 2. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 1, en el que dicha primera cámara y/o dicha segunda cámara está/n constituida/s por una o más cajas metálicas (21a, 22a,...).
- 15 3. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 1, en el que dicha unidad de sensor (2a, 2b,...) está dispuesta para ser montada en un lado vertical de una cabeza (10h) de dicho raíl (10b,10b) y en el que dicho elemento piezoeléctrico (24) dentro de dicha unidad de sensor (2a, 2b,...) está dispuesta para estar enfrentada a dicho lado inferior de la cabeza (10h) de dicho raíl (10a, 10b).
- 20 4. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha unidad de sensor (2a, 2b,...) además comprende un segundo elemento piezoeléctrico (24a) dispuesto de manera que esté enfrentado a dicho lado inferior de la cabeza (10h) de dicho raíl (10a, 10b).
- 25 5. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende una abrazadera (50) dispuesta para sujetar dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) en dicho raíl (10a, 10b).
- 30 6. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 1, en el que por lo menos dos de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) están dispuestas sobre el mismo raíl (10a, 10b) sobre los lados opuestos de un paso a nivel ferroviario.
- 35 7. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 6, en el que un amortiguador acústico (7) dispuesto para amortiguar dicha primera señal (s1) está dispuesto en contacto físico con dicho raíl (10a, 10b) entre dos de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...), ambas fijadas a dicho raíl (10a, 10b).
- 40 8. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 1, que comprende una unidad de control (3) que comprende un procesador de señales (31) dispuesto para recibir una primera señal de salida del sensor (s1') que representa dichas primeras señales (s1) de cada una de entre dicha una o más unidades de sensor (2a, 2b,...), que procesa dichas primeras señales de salida del sensor (s1'), y que genera una señal de advertencia de tren (s10) que representa las características de dicho tren en movimiento (6) basadas en las características de dichas primeras señales de salida del sensor (s1').
- 45 9. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales (31) comprende un detector de envolvente (32) dispuesto para detectar una señal envolvente (s1'e) de dicha primera señal de salida del sensor (s1') de cada una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) y un comparador de señales envolventes (33) dispuesto para comparar un segmento temporal (T) de dichas señales envolventes (s1'e) detectadas a partir de dicha primera señal de salida del sensor (s1') de por lo menos una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...), con una señal envolvente predefinida (s1'p), estando dicho procesador de señales computarizado (31) dispuesto para generar una señal de advertencia de tren (s10) que indica un tren en aproximación (6) cuando dicha señal envolvente (s1'e) presenta una amplitud cada vez más elevada que la de dicha señal envolvente predefinida (s1'p) a lo largo de dicho segmento temporal (T).
- 50 10. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 9, en el que dicho comparador de señales envolventes (33) está dispuesto para comparar dicha señal envolvente (s1'e) para dicha primera señal de salida del sensor (s1') con por lo menos dos de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) fijadas a dicho mismo raíl (10a, 10b), y está dispuesto asimismo para detectar una dirección (s11) de dicho tren en movimiento (6), comprendiendo dicha señal de advertencia de tren (s10) dicha dirección (s11) de dicho tren (6).
- 55 60 65

- 5 11. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 10, en el que dicho procesador de señales computarizado (31) está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa un tipo de tren (s12) de dicho tren en movimiento (6) cuando dicho comparador de señales envolventes (33) detecte que dicha señal envolvente (s1'e) equivale a una señal envolvente predefinida (s1'p) a lo largo de dicho segmento temporal (T).
- 10 12. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales computarizado (31) está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa dicha distancia (s13) con respecto a un tren en aproximación mediante la comparación de dicho aumento o disminución de dicha amplitud de dicha señal envolvente (s1'e) con dicha señal envolvente predefinida (s1'p) en dicho comparador de señales envolventes (33).
- 15 13. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según la reivindicación 8, en el que dicho procesador de señales computarizado (31) está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren (s10) que comprende un tiempo de espera que se presentará para un vehículo que espera a cruzar dicho paso a nivel.
- 20 14. Sistema de seguridad de detección de trenes (1) según cualquiera de dichas reivindicaciones 6 a 13, que comprende un comparador de señales acústicas (34) dispuesto para comparar los componentes de frecuencia de hasta 200 kHz de dicha primera señal de salida del sensor (s1') con por lo menos dos de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...).
- 25 15. Procedimiento para la detección precoz de un tren en movimiento (6) sobre una vía ferroviaria, mediante el uso de un sistema de seguridad de detección de trenes (1) que comprende una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) dispuestas para ser fijadas a por lo menos un raíl (10a, 10b), que comprende las etapas siguientes:
- 30 - fijar una o más unidades de sensor (2a, 2b,...) a por lo menos un raíl (10a, 10b), estando dicho procedimiento caracterizado por que comprende:
 - detectar dicha una o más primeras señales (s1) mediante dos o más elementos piezoeléctricos (24) fijados a una pared externa (25) de una primera cámara (21) de cada una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...),
 - amplificar dicha primera señal de salida del elemento (s1eo) que representa dicha primera señal (s1) detectada por dicho elemento piezoeléctrico (25), en un amplificador de dicha primera cámara (21),
 - 35 - suministrar una primera señal de salida del sensor (s1') de cada una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...), mediante un condensador de paso (27) de una barrera electromagnética de cada una de dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) desde dicha primera cámara (21) hasta una segunda cámara (22), y
 - 40 - transferir dicha primera señal de salida del sensor (s1') o una primera señal de salida del sensor (s1') modificada desde dichas unidades de sensor (2a, 2b,...) hasta el procesador de señales (31) de dicho sistema de control (3).
 - recibir dichas primeras señales de salida del señor (s1') que representan dichas primeras señales (s1) en dicho procesador de señales (31),
 - 45 - procesar dicha primera señal de salida del sensor (s1') en dicho procesador de señales (31) de un sistema de control (3) y generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa las características de dicho tren en movimiento (6) basadas en las características de dicha primera señal de salida del sensor (s1').

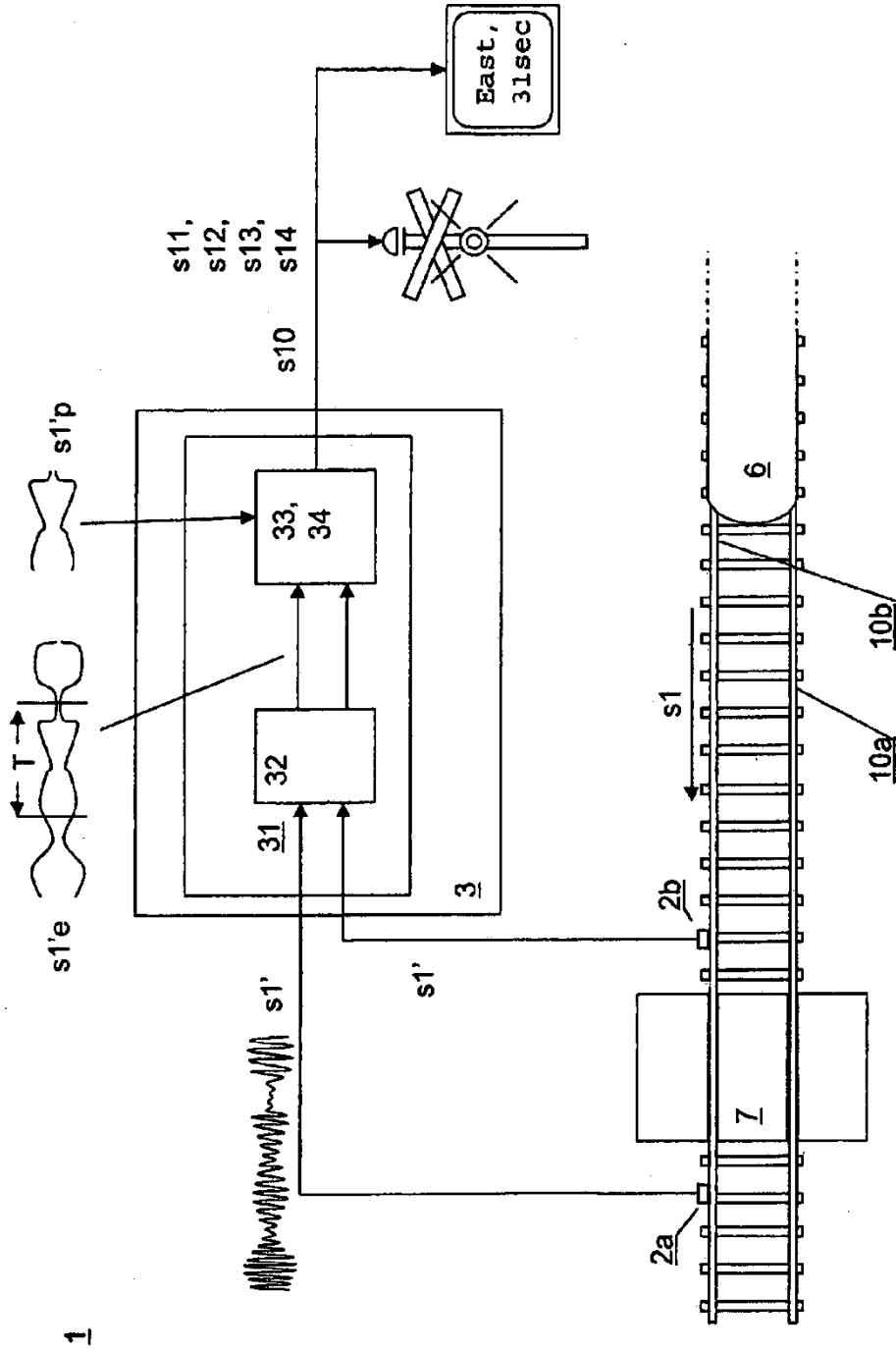


Fig. 1

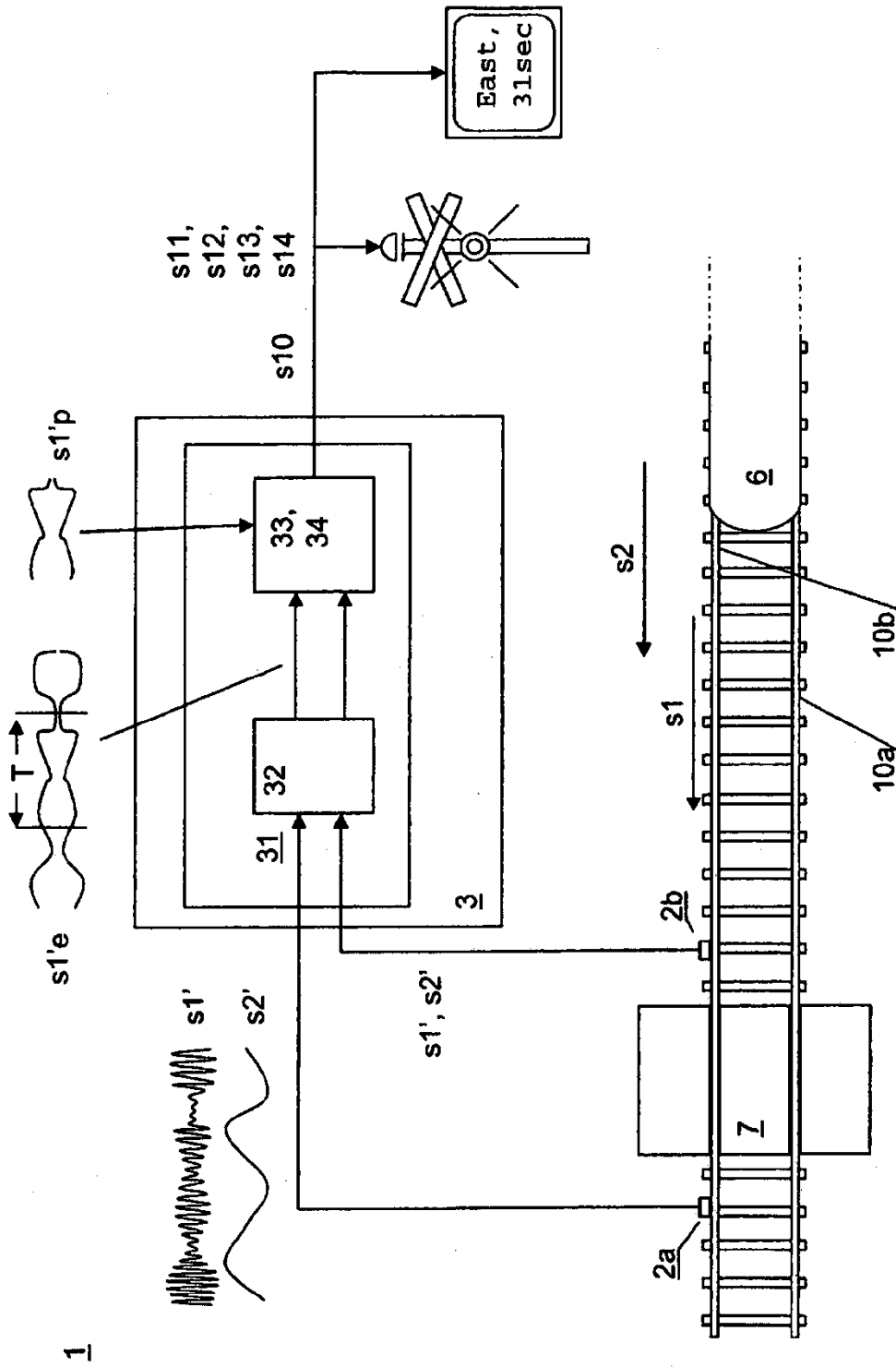


Fig. 1

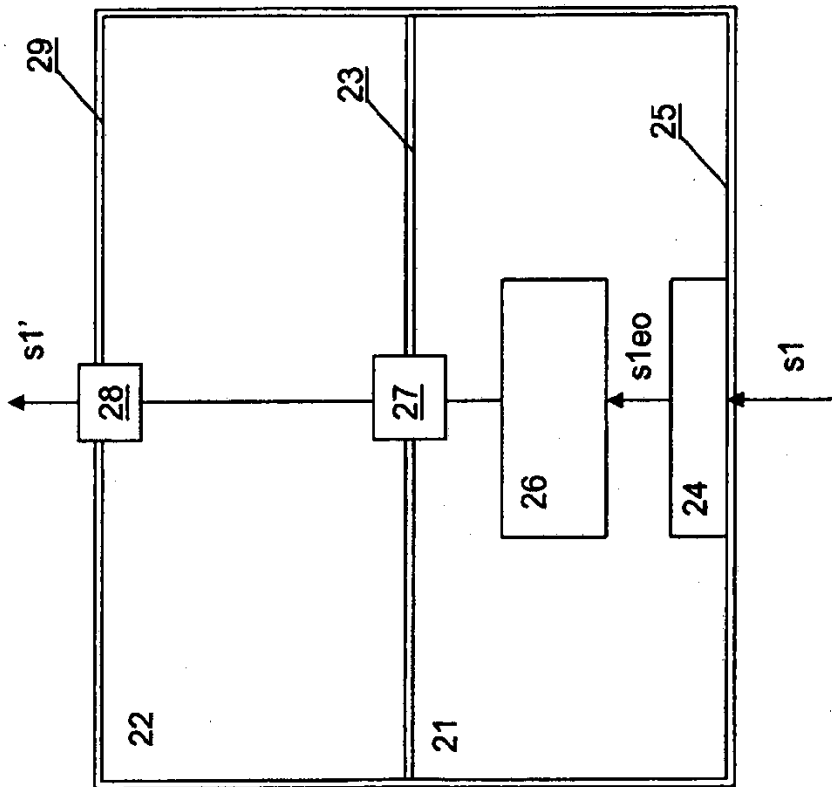


Fig. 3

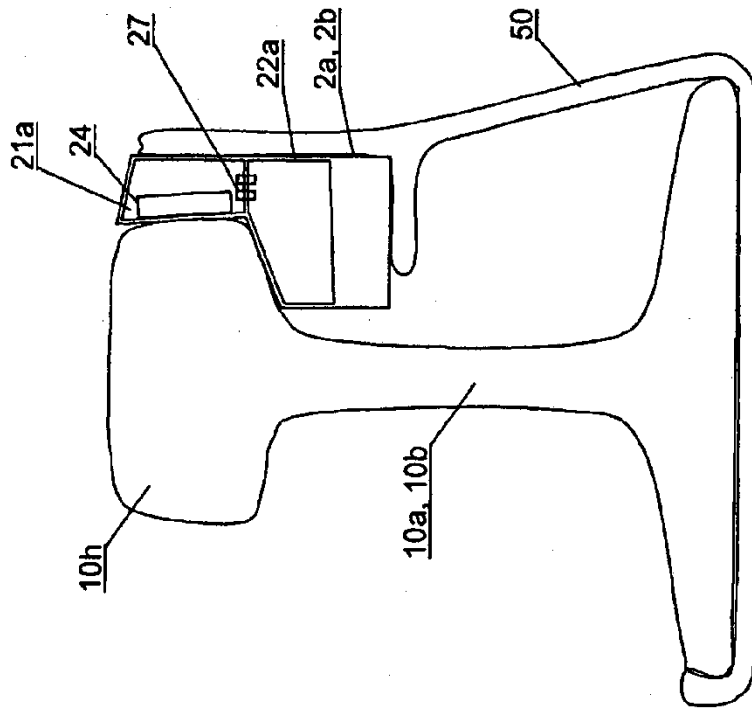


Fig. 4