



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 300 875**

51 Int. Cl.:

**G01V 5/00** (2006.01)

**G01N 23/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04816705 .0**

86 Fecha de presentación : **20.12.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1794626**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **13.06.2007**

54

Título: **Método y sistema de inspección radiográfica no intrusiva para vehículos que utilizan dos unidades móviles desplazables de forma autónoma pero sincrónica, una llevando la fuente y la otra el detector.**

30

Prioridad: **30.09.2004 RO 200400830**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.06.2008**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.06.2008**

73

Titular/es: **S.C. MB Telecom Ltd. - S.R.L.**  
**Calea Bucurestilor 3A Ifov District**  
**Otopeni, RO**

72

Inventor/es: **Tudor, Mircea;**  
**Sima, Constantin;**  
**Tudor, Gheorghe;**  
**Ionescu, Rasvan;**  
**Grechi, Cristian;**  
**Mielica, Emilian;**  
**Serban, Eduard;**  
**Bizgan, Adrian;**  
**Duralia, Adrian;**  
**Oancea, Florin;**  
**Ghita, Petre y**  
**Semenescu, Sergiu**

74

Agente: **Tomás Gil, Tesifonte Enrique**

ES 2 300 875 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).

# ES 2 300 875 T3

## DESCRIPCIÓN

Método y sistema de inspección radiográfica no intrusiva para vehículos que utilizan dos unidades móviles desplazables de forma autónoma pero sincrónica, una llevando la fuente y la otra el detector.

5 Esta invención se refiere a un método y a un sistema de inspección no intrusiva, que radiografía contenedores, vehículos y vagones de tren sin necesidad de romper juntas, abrir contenedores o de control físico.

10 La invención puede ser usada para el escaneado de vehículos, para crear una radiografía, que puede ser evaluada y a partir de la cual se puede determinar la naturaleza y la cantidad de mercancía transportada, para detectar intentos de contrabando o de transportes ilegales de productos prohibidos o no declarados (fármacos, explosivos, armamento, etc), para protección antiterrorista, mediante el escaneado de todos vehículos que tienen acceso a áreas restringidas, tales como aeropuertos, puertos marítimos y fluviales, pasos fronterizos, acceso a edificios seguros, bases militares, etc.

15 Con el propósito de realizar un control no intrusivo, varios métodos de escaneado son conocidos, con las siguientes fuentes de radiación:

20 - fuentes de radiación gamma, generada naturalmente por un material radiactivo de doble encapsulación tal como: cobalto, cesio, etc.

- generadores de rayos X o aceleradores lineales de rayos X, radiación gamma y neutrones.

25 El principio del sistema de inspección no intrusiva requiere la irradiación de un área del detector, dispuesta linealmente enfrente de una cortina fina en forma de ventilador de radiación colimada a través de la cual el objeto escaneado es desplazado relativamente. Las señales eléctricas de los detectores son procesadas analógicamente/digitalmente, para generar, línea por línea, una radiografía que debe ser visualizada en un monitor de PC. El movimiento relativo del objeto escaneado es realizado mediante el desplazamiento del objeto con respecto a un escáner fijo, o por desplazamiento del escáner con respecto a un objeto fijo. La operación del sistema entero es realizada desde una cabina de control, colocada cerca del escáner, cabina para la cual un escudo de radiación extensiva es obligatorio.

Este método tiene el inconveniente de que expone los operadores al riesgo de irradiación profesional.

35 Habitualmente, varios sistemas de escaneado no intrusivo son conocidos que incluyen las tecnologías presentadas previamente. Uno de estos es el sistema de formación de imágenes móvil con radiación gamma, GaRDS, fabricado por la empresa americana RAPISCAN SECURITY PRODUCTS Inc. En este producto, la fuente de radiación es soportada por un brazo metálico solidario con el chasis que es muy cara, pesada, que genera un momento de basculación importante y tiene la desventaja de limitar la posición de la fuente de radiación en la longitud máxima del brazo. GaRDS, como todos los demás sistemas de escaneado móviles, que son actualmente conocidos, tienen la cabina del operador montada sobre el chasis, exponiendo al equipo del sistema a los riesgos profesionales y de irradiación accidental, riesgos que son eliminados por la presente invención mediante la construcción de la cabina del operador sobre una unidad móvil, de remolque que está dispuesta al exterior del área de exclusión durante los procesos de escaneado, y controla todos los procesos de distancia por radio. Otra diferencia mayor es que en los sistemas conocidos, incluyendo GaRDS, se necesita un persona que active la unidad de escaneado, necesidad eliminada en la presente invención mediante la implementación de un subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección.

50 Otras desventajas de los sistemas conocidos consisten en el hecho de que éstos son pesados, siendo instalados en vehículos capaces de soportar cargas pesadas, con dos hasta cuatro ejes, necesarios para soportar el peso de los componentes y de los contrapesos que compensan el momento de basculación generado por el brazo que sostiene la fuente de radiación a una distancia lateral de unos 4 metros mínimo desde el área del detector.

55 El sistema operativo de los sistemas conocidos es muy complicado, precisando un mínimo de tres personas por equipo de turno, operador, conductor y supervisor externo, este último teniendo la responsabilidad de dirigir el tráfico de los vehículos que deben ser escaneados en el área de escaneado, así como para prevenir la intrusión en la zona de exclusión, donde existe peligro de irradiación.

60 La cuestión técnica expuesta por la presente invención es la realización de un método y de un sistema de inspección no intrusiva, que elimina en su totalidad el riesgo de irradiación profesional, mediante la eliminación de la cabina del operador (el centro de control) del área de exclusión y mediante la eliminación de la necesidad de tener un conductor y supervisor externo, mediante la automatización y operación remota de todos los procesos desplegados en la zona de exclusión y en el área limítrofe. Mediante la implementación de estos procesos automatizados, es posible la reducción del personal a una persona por turno.

65 El método de inspección no intrusiva, según la invención, elimina las desventajas mencionadas más arriba con las que el vehículo que debe ser escaneado tiene acceso a la zona de exclusión a través de un subsistema de gestión del tráfico automatizado que controla automáticamente el funcionamiento de las barreras y de los semáforos de entrada/salida. El vehículo es colocado en un lugar marcado, antes de que su conductor abandone la zona de exclusión

## ES 2 300 875 T3

(donde existe el riesgo de irradiación), luego la protección del área de exclusión es activada, seguido de la iniciación del proceso de escaneado por comandos remotos a la unidad de escaneado móvil y el robot portador de fuente, cuando la fuente de radiación es activada, y se inicia el movimiento lento y constante de las dos unidades móviles. Estas unidades se mueven de forma rectilínea y uniforme en trayectorias paralelas que rodean el vehículo escaneado.

5 El robot fuente se desplaza sincronizado con la unidad de escaneado móvil. El movimiento de las unidades móviles es controlado automáticamente por módulos electrónicos e informáticos, conectados con el centro de control en una red de área local, a través de radio módems, centro desde donde reciben comandos, y hacia donde envían en tiempo real la información y los datos dedicados. La detención del escaneado se realiza automáticamente en las situaciones siguientes, cuando el brazo del detector ha pasado la extremidad del vehículo escaneado y los detectores reciben el nivel máximo de radiación, al final de la longitud del escaneado programada, cuando el limitador de protección del movimiento es activado, cuando la protección del área de exclusión ha sido traspasada, cuando el sensor de proximidad ha sido activado indicando una distancia peligrosa entre el brazo del detector y el vehículo escaneado, cuando se detectan obstáculos cerca de las vías de guiado automáticamente por sensores colocados en las unidades móviles. La detención del proceso de escaneado puede ser comandada manualmente por el operador en cualquier momento.

15 Durante esta fase del proceso, la imagen obtenida a partir del escaneado del vehículo es visualizada en el monitor del operador y, al final de la etapa, la protección del área de exclusión es desactivada automáticamente, y el vehículo puede abandonar el área de escaneado. Las dos unidades móviles vuelven a su posición inicial y el ciclo de escaneado puede ser reiniciado.

20 El sistema que implementa el método presentado más arriba, consiste en una unidad de escaneado móvil instalada sobre un chasis de camión, sobre el cual está montado un brazo con áreas del detector específicas para el tipo de radiación usado, un portador de robot fuente de una fuente de radiación, ambas unidades siendo autónomas y teniendo subsistemas para el control automatizado de la velocidad y de la dirección, un subsistema de sincronización de la posición y un subsistema de propulsión hidráulica para realizar un movimiento lento rectilíneo y uniforme de la unidad de escaneado.

La unidad de escaneado móvil tiene un brazo del detector formado por el área del detector superior montado sobre un puntal de acero que puede pivotar alrededor de un eje, en un soporte solidario con un chasis suplementario y el área del detector inferior, éste último siendo montado de forma independiente en una sujeción oscilatoria, las dos áreas teniendo sistemas de plegado separados durante el transporte, pero con una unidad funcionalidad durante la operación de escaneado.

30 El brazo del detector se compone de cinco segmentos orientados en ángulos diferentes y está formado por una aleación ligera ensamblada en forma de letra "T".

35 En una primera variante de la implementación, el subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección de las dos unidades se construye con un motor eléctrico que acciona la columna de dirección y un módulo de comando electrónico. El subsistema recibe información sobre las posiciones de las unidades con respecto a dos vías de guiado que deben inducir dos trayectorias paralelas. La información sobre la posición es recibida a través de unos módulos de hardware/software M2r y M2s y es procesada a través de unos módulos M1r y M1s, proporcionando la entrada para el subsistema de sincronización de la posición, conectado a los servosistemas de ejecución del chasis y de la fuente del robot.

40 En otra variante de la implementación, el subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección recibe la información relativa a la posición con respecto a una red fija de reflectores láser, desde algunos sensores láser de haces giratorios dispuestos en las dos unidades móviles, a través de los módulos M2r y M2s de hardware/software y la procesa a través de los módulos M1r y M1s, proporcionando la entrada para el subsistema de sincronización de la posición, conectado a los servosistemas de ejecución del chasis y de la fuente del robot.

45 El subsistema de movimiento hidráulico que acciona el chasis con un movimiento lento, está formado por una caja de cambios para un subsistema de accionamiento combinado que tiene un sensor de revelación, un motor hidráulico, una bomba hidráulica de fluidez variable controlada por un módulo electrónico, comandado por una aplicación de software dedicada al control del movimiento automatizado.

50 El subsistema de gestión del tráfico automatizado está provisto de algunas barreras y luces de tráfico radiodirigidos, directamente por una aplicación de software dedicada y el subsistema de protección de la zona de exclusión está formado por algunos sensores activos de detección del movimiento, un módulo de control del estado de los sensores y un módulo de detención de la fuente de radiación automatizada de emergencia en el caso que la zona de exclusión haya sido traspasada.

55 El subsistema para la adquisición, tratamiento, almacenamiento y presentación de la imagen escaneada está formado por unos módulos preamplificadores a los cuales están conectados los detectores, unos módulos multiplexores, unos conversores analógico-digitales, unos microcontroladores, un bus CAN, unos módulos CAN, una interfaz de comunicación CANi con una unidad de procesamiento que ejecuta una aplicación de software dedicada, conectada a través de una LAN inalámbrica a otra unidad de procesamiento que ejecuta otra aplicación de software dedicada para presentar en un monitor la resultante radiografía.

## ES 2 300 875 T3

La invención tiene las ventajas siguientes:

- eliminación del riesgo de irradiación profesional de los operarios al igual que del riesgo de irradiación accidental de posibles intrusos en la zona de exclusión;
- la reducción del personal de al menos tres personas por turno, hasta una persona por turno;
- mayor movilidad, flexibilidad y maniobrabilidad del sistema;
- mayor automatización;
- mayor productividad, mayor número de vehículos de escaneado por unidad de tiempo, mediante la automatización de los procesos y reducción del tiempo de inactividad por la gestión informatizada de los procesos;
- obtención de una baja velocidad de escaneado constante, esencial para tener una penetración máxima, una buena calidad de imagen sin distorsión geométrica;
- control preciso de la velocidad y distancia recorrida en una gama de tiempo establecida;
- conservación de los rendimientos dinámicos del chasis en “modo transporte”;
- reducción significativa, con un 20% del peso total del sistema con efectos positivos en la reducción del momento de basculación y la tensión de torsión dentro del chasis;
- reducción significativa, de más del 30% de los consumos específicos de energía y de combustible;
- capacidad de un análisis posterior de los parámetros de funcionamiento y/o de los posibles eventos indeseados implementando una “caja negra”, similar a aquella usada en aviación, que registra automáticamente todos los comandos, información y los parámetros de funcionamiento del sistema.

Además se presenta un ejemplo de la implementación de la invención con respecto a las figuras de 1 a 13 que describen:

- Fig.1, vista en perspectiva del sistema de inspección no intrusiva, según la invención, dispuesto dentro de la zona de exclusión;

- Fig. 2, vista de conjunto del sistema y de la zona de exclusión, según la invención, con la variante del implemento de vías de guiado;

- Fig. 3, vista de conjunto del sistema y de la zona de exclusión, según la invención, con la variante del implemento de sensores láser de haces giratorios;

- Fig. 4, diagrama del sistema de inspección no intrusiva, según la invención;

- Fig. 5, vista de conjunto esquemática del tren de transmisión cuando se usa un accionamiento mecánico directo

- Fig. 6, vista de conjunto esquemática del tren de transmisión cuando se usa la bomba hidráulica de la caja de cambios para un accionamiento combinado interpolado entre el eje de salida de la caja de cambios y el eje de entrada del eje trasero;

- Fig. 7, vista esquemática lateral, de la caja de cambios para un accionamiento combinado

- Fig. 8, vista de conjunto de la cabina del sistema con el subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección, en la variante de la implementación de las vías de guiado;

- Fig. 10, vista de conjunto del chasis en modo de transporte;

- Fig. 11, vista trasera de las unidades móviles en la posición de escaneado;

- Fig. 12, diagrama del subsistema de sincronización de la posición

- Fig. 13, subsistema para la adquisición, procesamiento, almacenamiento y presentación del diagrama de la imagen escaneada;

El método de inspección no intrusiva tiene las fases siguientes:

- el vehículo que debe ser inspeccionado es llevado hasta la barrera de entrada en el área de escaneado;

## ES 2 300 875 T3

- el conductor del vehículo sale del vehículo y entrega los documentos de transporte;
- la entrada en el área de escaneado es permitida, la barrera de entrada es elevada y el semáforo de entrada se enciende en verde, y el subsistema de protección de la zona de exclusión es desactivado;
- 5 - el conductor posiciona el vehículo en el área de escaneado, en el lugar marcado y abandona el área de exclusión;
- el subsistema de protección del área de exclusión es activado;
- 10 - el operador, inicia el proceso de escaneado desde el centro de control por radiotransmisión del comando a la unidad de escaneado móvil;
- la fuente de radiación es activada y el movimiento lento de la unidad de escaneado es iniciado. El sistema se mueve de forma rectilínea con velocidad constante a lo largo del vehículo inspeccionado. El robot fuente se mueve de forma rectilínea y uniforme sincronizado con el escáner, en una trayectoria paralela, de modo que el vehículo inspeccionado se coloca entre el robot fuente y el área del detector. Los dos vehículos son energéticamente independientes, pero están sincronizados entre sí y con el carril de escaneado. La velocidad de las unidades es controlada automáticamente por módulos electrónicos e informáticos a bordo de cada unidad móvil individual. Estos módulos están radioconectados, a través de radio módem en la LAN con el centro de control desde el cual reciben comandos y al cual envían información;
- 15 - el escaneado es detenido automáticamente en las siguientes situaciones:
  - 20 • si el brazo del detector pasa la extremidad del vehículo inspeccionado, de modo que el sistema de formación de imágenes recibe una serie de líneas blancas que significa nivel máximo de radiación en todos los detectores;
  - al final de la longitud del escaneado programada;
  - 30 • si el sistema de limitación de la longitud ha sido accionado;
  - si la protección del área de exclusión ha sido traspasada;
  - 35 • cuando la distancia entre el brazo del detector y el vehículo inspeccionado es peligrosamente corta, se acciona el sensor de proximidad que mide esta distancia;
  - en la detección automática de obstáculos en la proximidad de las vías de guiado, por los sensores dispuestos en la parte delantera y trasera de las unidades móviles;
  - 40 - todos los documentos referentes al transporte son escaneados y almacenados en una base de datos;
  - la radiografía del vehículo es visualizada en el monitor en el centro de control;
  - 45 - al final de la fase de escaneado, la protección del área de exclusión es desactivada;
  - los documentos de transporte son devueltos al conductor del vehículo inspeccionado;
  - la barrera de salida se eleva, la luz del semáforo de salida se vuelve verde y el vehículo abandona el área;
  - 50 - la barrera de salida vuelve y el ciclo puede ser recommenzado;
  - un archivo que contiene la radiografía y la imagen real del vehículo así como las copias de todos los documentos referentes al transporte es creado y almacenado con una única identidad.

55 El sistema de inspección no intrusiva, según la invención, es un conjunto móvil de escaneado radiactivo, instalado en un chasis autónomo (1), ligero con un brazo metálico (2) construido sobre el mismo, hecho de acero y una aleación ligera, compuesto por cinco segmentos angulares, articulados y accionado por cilindros hidráulicos. En el brazo (2), hay un área del detector superior (3) y un área del detector inferior (4), en consecuencia el brazo metálico (2) será denominado de aquí en adelante brazo del detector.

60 En una unidad móvil que será denominada de aquí en adelante, robot fuente (5), hay una fuente de radiación (6).

65 El robot fuente (5), se conecta a un subsistema de sincronización de la posición (7) que sincroniza la posición del robot fuente (5) con el chasis autónomo (1), el subsistema (7) teniendo elementos de referencia en el chasis autónomo (1) y en el suelo.

## ES 2 300 875 T3

En el chasis autónomo (1), se instala una caja de cambios para el subsistema de accionamiento combinado (8), sobre la cual se instala un subsistema de movimiento hidráulico (9) para el movimiento del chasis autónomo (1) con velocidad baja, controlado electrónicamente, durante el escaneado. Para mantener el movimiento en línea recta del chasis autónomo, el sistema de inspección no intrusiva tiene un subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10).

Un subsistema para la adquisición, procesamiento, almacenamiento y presentación de la imagen escaneada (11), recibe señales y datos de las áreas de detección de radiación montadas sobre el brazo del detector (2), digitaliza los datos y los transmite, a través del radio módem, a un centro de control móvil, donde se crea una imagen radiográfica del objeto escaneado. Esta imagen es analizada por el operador y almacenada electrónicamente.

Puesto que en el área de escaneado debe ser asegurada una protección radiológica contra la irradiación accidental de posibles intrusos, se prevé un subsistema de protección del área de exclusión, que establece un área de exclusión rectangular a y se conecta con un subsistema de gestión del tráfico automatizado (14), que administra los periféricos para el control de acceso en el escaneado y en el área limítrofe, de los vehículos que deben ser escaneados. Los periféricos son una barrera de entrada 15, una barrera de salida 16, un semáforo de entrada 17 y un semáforo de salida 18.

Un subsistema de gestión por ordenador 19, comanda y controla a distancia todos los subsistemas del ensamblaje entero: la dirección, revolución del motor y la posición del chasis autónomo 1 en el área de exclusión a, del robot fuente 5, y todos los demás periféricos conectados en el sistema, según la invención, comunicando con todos estos en una LAN inalámbrica.

Todos los componentes físicos del subsistema de gestión por ordenador 19, y el puesto del operador son instalados en el centro de control móvil 12, que es remolcado durante el transporte por el chasis autónomo, y es colocado fuera del área de exclusión a en el modo de escaneado.

En una primera variante de la implementación (Fig. 2), dentro del área de exclusión a, en la dirección de escaneado, se instalan algunas de las vías de guiado 20 y 21 para controlar el movimiento del chasis autónomo y el robot fuente (5).

En otra variante de la implementación (Fig. 3), el subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección 10 puede ser diseñado con un sensor láser de haces giratorios 22, una red fija de reflectores láser 23 dispuesta en el área de exclusión a y una aplicación de software para el procesamiento de los datos, para el cálculo de los parámetros de orientación y de posición y para tomar acciones de corrección para la dirección y la velocidad.

El sistema de inspección, según la invención, montado sobre el chasis autónomo 1 tiene dos modos de modos físicos, “modo de escaneado” y “modo de transporte”. La transición de un modo a otro se hace accionando unos cilindros hidráulicos que reconfiguran las posiciones de los componentes.

En el “modo de transporte” el brazo del detector 2 se pliega a lo largo del chasis autónomo 1 para asegurar la dimensión global legal para el transporte en calles públicas y un buen reparto de la carga en los ejes. El robot fuente 5 y los componentes del subsistema de gestión del tráfico automatizado 14 son elevados en la plataforma del chasis autónomo 1, en contenedores especiales, y con una mecánica segura. El centro de control móvil 12 es remolcado por el chasis autónomo 1 y la caja de cambios para el subsistema de accionamiento combinado 8 es accionado en la posición de transporte, con conexión directa del árbol entre una caja de cambios 24 y un eje motor (25).

En el “modo de escaneado” el brazo del detector 2 es extendido lateralmente, a la derecha, casi perpendicularmente en el eje del chasis autónomo 1, y el robot fuente (5) es colocado lateralmente a la derecha, paralelo con el eje longitudinal del chasis autónomo 1. Las barreras (15, 16) y los semáforos (17, 18) son colocados en los puntos de entrada y de salida del área de exclusión a y el centro de control móvil (12) es colocado cerca de la entrada en este área. La caja de cambios para el subsistema de accionamiento combinado 8 es puesto en el “modo de escaneado”, lo que significa que la salida del árbol de la caja de cambios 24 está moviendo una bomba hidráulica 26, unida a un motor hidráulico (27), que está conectado directa y mecánicamente con el eje motor 25.

El chasis autónomo 1 debe ser uno homologado según las normas internacionales para permitir el transporte en calles públicas sin precisar una autorización de transporte especial. El chasis autónomo 1 tiene un chasis suplementario 28, hecho de acero, sobre el que todos los componentes de la unidad de escaneado móvil son unidos, respectivamente, las dos áreas 3 y 4 del brazo del detector 2, las partes incluidas del sistema hidráulico tales como: tanque de aceite, los distribuidores, los circuitos de ajuste y de seguridad, el contenedor de transporte del robot fuente, los cajones con circuitos eléctricos y electrónicos, los cajones en los que las barreras, semáforos y elementos de guiado son transportados y el generador. Algunos de estos ensamblajes no figuran, porque son componentes bien conocidos y no reivindicados.

El brazo del detector 2 está compuesto de un puntal de acero (29) que puede pivotar sobre un eje, en un soporte 30 solidario con el chasis suplementario 28. En este puntal 29 se instala la parte superior del brazo del detector 2, en una conexión oscilatoria, formada por una estructura de cinco segmentos, en forma de “T”, de aleación ligera.

## ES 2 300 875 T3

La solución preferida constructiva es el uso de un brazo del detector 2 formado por cinco segmentos. El segmento vertical es construido en dos partes: el área del detector inferior 4, montado independientemente, lateralmente a la derecha, en el chasis suplementario 28, en una fijación oscilatoria en un perno perpendicular en el eje longitudinal del chasis y el área de detector superior 3, montado sobre el puntal de acero pivotante 29. La estructura de resistencia del brazo del detector 2 está formada por una hoja de aleación ligera, ensamblada en forma de "T".

Dependiendo de la fuente de radiación elegida, el sistema, según la invención, incluirá las áreas del detector 3 y 4, para transformar la radiación recibida en señales eléctricas que son luego procesadas y transformadas en imágenes radiográficas del objeto escaneado. Para una fuente de rayos X, se utilizarán detectores híbridos con cristales de centelleo y fotodiodos o detectores monolíticos con circuitos de carga articulados. Para una fuente de radiación gamma se utilizarán detectores híbridos con cristales de centelleo articulados con tubos fotomultiplicadores. Para una fuente de neutrones se utilizarán detectores híbridos con cristales de centelleo con una respuesta muy rápida y gran eficiencia articulados con tubos fotomultiplicadores.

Todos los sistemas de detección híbridos usan fotodiodos o tubos fotomultiplicadores que tienen sensibilidad máxima a la banda visible a la que los cristales de centelleo tienen una respuesta máxima según el tipo de radiación usado.

La colocación de los detectores puede hacerse dependiendo de la combinación fuente-detector y la variante constructiva de los detectores, en una línea o dos o en matrices de diferentes formas.

El robot fuente 5 está formado por un vehículo construido especialmente para esta aplicación, dirigido de forma autónoma y remota que tiene el papel de llevar la fuente de radiación 6, con velocidad baja y constante, sincronizado electrónicamente con el movimiento del chasis autónomo 1 en una trayectoria paralela.

La propulsión del robot 5 es eléctrica y su autonomía es asegurada por baterías y un generador eléctrico, elementos que no figuran. La velocidad y dirección del movimiento del robot (5) son ajustados por sistemas autoasistidos por microcontroladores que comunican de forma inalámbrica con el centro de control (12) y el chasis autónomo (1). La posición relativa entre el robot fuente (5) y el chasis autónomo (1) es asegurada por el subsistema de sincronización de la posición (7), que tiene como elementos de referencia puntos fijos en el chasis autónomo (1).

La fuente de radiación (6) se fija en el chasis de este mini-vehículo, que es el robot (5), de manera que una cortina de radiación (b) sea colimada en el área del detector (3 y 4).

En el modo de "transporte" el robot fuente (5) es cargado en la plataforma del chasis (1) en un contenedor fabricado especialmente según las normas de seguridad radiológicas. El acceso a la plataforma del chasis (1) está asegurado por una plataforma de elevación hidráulica, que no figura y que también asegura el cierre seguro del contenedor de transporte. Los controles de la dirección y de la velocidad del movimiento están disponibles a nivel del robot (5) para manejarlo durante movimientos independientes tales como el ascenso en el chasis autónomo 1 o la posición inicial en el área de escaneado.

El subsistema de sincronización de la posición (7) se usa para la sincronización de la velocidad y de la posición del robot fuente (5) con el chasis (1). El subsistema (7) está formado por un módulo de hardware/software (M1r), colocado en el robot fuente (5) y otro módulo de hardware/software (M1s) colocado en el chasis 1; los módulos intercambian datos sobre la velocidad y la posición en el carril de escaneado. Al lado de estos módulos (M1r y M1s), hay otros dos módulos de hardware/software (M2r y M2s) que controlan permanentemente la posición de los dos dispositivos móviles, el chasis autónomo 1 y el robot fuente 5 y que les envían comandos.

El subsistema de sincronización de la posición (7) (Fig. 12) funciona de la siguiente manera: los módulos (M2r y M2s) recuperan datos referentes a su posición en el carril de escaneado a través del análisis digital de una imagen de video que muestra una vía de guiado (20 y 21) o de un sensor láser de haces giratorios (22) que refleja sucesivamente en la red fija de reflectores láser (23) colocados en el área de exclusión a según la fig.3. En cada actualización de la posición en el perímetro, los módulos (M2r y M2s) ofrecen la posición de cada unidad móvil a los módulos (M1r y M1s). Entre los módulos (M1r y M1s) hay una conexión permanente, a través de la cual se transmite la información sobre la posición de las unidades móviles. Dependiendo de la información recibida, los módulos (M1r y M1s) deciden sincronizar el movimiento del robot fuente (5) con los parámetros dinámicos del chasis autónomo 1, esta decisión siendo transmitida como un comando de ejecución al subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección 10.

La fuente de radiación (6) usada en el sistema de inspección no intrusiva, según la invención, puede estar formada por un material radiactivo de doble encapsulación, un generador de rayos X o un acelerador lineal para rayos gamma o neutrones.

En una variante de la implementación, la fuente de radiación está formada por el material radiactivo de doble encapsulación, por ejemplo Co60. La elección del material radiactivo - en el caso de Co60 la energía es 1.3 MeV, y la actividad de la fuente de 1 Currie - se hace dependiendo de la penetración deseada y de las dimensiones del área de exclusión a disponibles. La cápsula que contiene el material radiactivo está rodeada por una pantalla gruesa que absorbe la radiación cuando la fuente no está activada.

## ES 2 300 875 T3

5 El tamaño de la pantalla se hace conforme a las normas internacionales. En esta pantalla, se hace un corte en forma de abanico con una abertura angular de 80 grados, para colimar una cortina de radiación b con una anchura de aproximadamente 18 cm en las áreas del detector (3 y 4), con la fuente de radiación (6) dispuesta a una distancia de cinco metros desde el brazo del detector (2). La activación de la fuente (6) se hará a través de un sistema accionador neumático o eléctrico.

10 El sistema usado, debe asegurar la retirada automática de la cápsula radiactiva para detener la radiación, si el accionador fuera defectuoso. La activación de la fuente (6), es señalada acústica y ópticamente para advertir al operador y a cualquiera de la presencia de radiación en el área de exclusión (a).

10 El acelerador de neutrones genera impulsos de neutrones rápidos. Dependiendo de la respuesta del detector, el número atómico de las sustancias presentes en el objeto escaneado puede ser determinado.

15 El subsistema de propulsión hidráulica (9), permite que el chasis 1, se mueva con velocidad baja y constante entre 0,15-0,85 m/seg. El subsistema (9) usa la caja de cambios para el subsistema de accionamiento combinado (8), montado sobre el chasis (1), entre el eje del conductor (31), de la caja de cambios (24), y el eje de transmisión (32), del eje motor (25). Esta caja de cambios (8), permite el accionamiento de la salida de potencia mecánica desde el eje de transmisión (31) de la caja de cambios (24), directamente hasta el eje motor (25), en el “modo de transporte” o a la bomba hidráulica (26), en el “modo de escaneado”.

20 En el “modo de transporte”, el eje de transmisión (31), de la caja de cambios (24), se conecta directa y mecánicamente en una proporción 1:1, a través del eje de transmisión (32), al eje motor (25), sin modificar la potencia, par de torsión o velocidad del chasis (1).

25 En el “modo de escaneado”, el eje de transmisión (31), de la caja de cambios (24), se conecta mecánicamente en una proporción establecida con la bomba hidráulica (26). El flujo de la bomba hidráulica es dirigido por la aplicación del software del operador, a través de un módulo dedicado que no figura, y la bomba hidráulica (26), está conectada hidráulicamente en un circuito cerrado, con el motor hidráulico (27), que está conectado mecánicamente con el eje motor (25).

30 A través del control variable del flujo de la bomba (26), se obtiene una variación de la velocidad incluso cuando la revelación del árbol de transmisión (31), de la caja de cambios (24), es constante. La caja de cambios para el subsistema de accionamiento combinado (8) tiene un sensor de revelación (33), que envía impulsos a la aplicación del software proporcionada con la revelación del motor hidráulico (27), de manera que la aplicación de software puede calcular precisamente la velocidad del chasis 1 y en consecuencia, la distancia recorrida en un horario establecido. En base al resultado de estos cálculos, se aplicarán correcciones para asegurar la uniformidad del movimiento.

35 La solución elegida constructiva, permite comandos de velocidad variable en un espectro amplio (0,15-0,85 m/s), a valores absolutos de velocidad muy bajos, imposibles de alcanzar usando trenes de engranajes de transmisión convencionales y sin alterar los rendimientos dinámicos del chasis 1, al desplazarse en el “modo de transporte” por las calles públicas.

40 El subsistema para el control automatizado de la velocidad y dirección (10) para el robot fuente 5 está diseñado para controlar y dirigir la dirección y movimiento del robot fuente 5 sincronizado con la velocidad del chasis (1).

45 El control de la dirección para las dos unidades móviles puede hacerse bien mecánicamente, electrónicamente o mezclado.

50 La variante de la implementación mecánica utiliza algunas pistas de guiado formadas por perfiles longitudinales ensamblados en prolongación, que no figuran, sobre los cuales se mueven las unidades móviles (1 y 5).

55 El control electrónico se realiza, usando sensores láser de haces giratorios (22), que rastrean la red de reflectores láser fijos (23), y dan comandos a un servosistema de dirección. Esta variante de la implementación incluye módulos de hardware y de software para el procesamiento y resolución automáticos.

El control mezclado combina los dos modos descritos antes y se hace usando sensores ópticos (láser), magnéticos o de video, que rastrean los recorridos de guiado (20) y (21), sobre los cuales hay marcas de guiado. Los módulos de software y de hardware dan comandos a un servosistema de dirección automáticamente.

60 Unas variantes posibles de la implementación de la mezcla del subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10), se realiza con unas videocámaras (34), colocadas en el parachoques del vehículo delantero y trasero, unidades de procesamiento y aplicaciones de software dedicadas, fuentes de luz para aumentar la visibilidad de las vías de guiado (20 y 21), y servosistemas de dirección. En las vías de guiado hay marcas de guiado a distancias cortas relativas, por debajo de 1 m., que sirven como marcadores de corrección en el caso de que haya desviaciones de la velocidad programada.

65 El subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección descrito en la Fig. 9 ejecuta en la primera fase el posicionamiento y la adquisición de datos de la orientación (A0), seguido de la interpretación de los

## ES 2 300 875 T3

datos de la orientación (A1), generación de comandos de dirección (A2), ejecución de los comandos de dirección (A3), interpretación de los datos de la posición (A4), generación de comandos de velocidad A5, ejecución de los comandos de velocidad (A6) e información de la (RA) de la acción realizada.

5 La adquisición de los datos para la posición y orientación (A0) tiene el objetivo de recibir datos de los módulos de hardware/software (M1r y M1s), de la videocámara (34) o de un subsistema de posicionamiento, formado por dos sensores láser de haces giratorios (22) y una red fija de reflectores láser (23), dispuestos en el área de exclusión a. Los datos recibidos son divididos según su relevancia en datos de orientación y datos de velocidad.

10 A través de la interpretación de los datos de orientación (A1) recibidos, se proporcionan posibles desviaciones de la trayectoria programada. Basándose en la información sobre la desviación de la trayectoria normal, un comando de dirección (A2) es generado, que accionará el árbol de dirección, a través del servosistema que ejecutará el comando de dirección (A3). El proceso recibe información de la acción realizada, y de esta manera, después de cada comando analiza el impacto sobre los parámetros de orientación, la información de (RA).

15 A través de la interpretación de los datos de la posición (A4) recibidos, las desviaciones de la posición correcta son detectadas, al igual que las sincronizaciones de las dos unidades móviles. Dependiendo de las desviaciones de posición registradas, un comando de velocidad será generado que será transmitido al subsistema sincronizado (7) en el chasis autónomo (1) o al sistema de tracción eléctrico del robot fuente 5.

20 El modo operativo del subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10) en la variante de la implementación de la operación guiada por láser será: durante el movimiento de los sensores láser de haces giratorios (22), colocados en el chasis autónomo (1) y en el robot fuente (5), estos emiten un rayo láser que será reflectado sucesivamente por la red fija de reflectores láser (23). La aplicación de software dedicada descrita en la Fig. 9, analiza la información recibida, decide enviar un comando a la servodirección para eliminar la desviación si éste es el caso, y si el error de sincronización entre la velocidad del robot fuente y el chasis no está dentro de los límites establecidos, envía una corrección del comando al subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10).

30 El subsistema para la adquisición, procesamiento, almacenamiento y presentación de la imagen escaneada (11), está compuesto de una serie de equipamiento de hardware y aplicaciones de software, según el diagrama de la Fig. 13 y está diseñado para recopilar, procesar, analizar e interpretar las señales de radiación desde los detectores, para generar una radiografía del objeto escaneado.

35 El subsistema (11) tiene n grupos, cada uno de 16 detectores de radiación (GD1 ...GDn), cada grupo estando conectado a un módulo electrónico, que incluye un preamplificador con 16 canales paralelos (PA1...PAn), cuyas señales son multiplexadas en uno de los multiplexores (M1...Mn), y luego convertidas de analógicas a digitales en uno de los conversores (CA/D1 ...CA/Dn), y a través de un microcontrolador (MC1 ...MCn) - y uno de los módulos (CAN1 ...CANn), las señales pasan a través de un CAN-BUS hasta una unidad de procesamiento (UPd) que ejecuta una aplicación de software dedicada (Sd). A través de una interfaz (CANi), la información es transmitida posteriormente a través de una LAN inalámbrica, a una unidad de procesamiento (UPa) que ejecuta una aplicación de software Sa que presenta la radiografía en un monitor (Mon).

45 En el marco del brazo del detector (2) se montan unos módulos electrónicos, cada uno dirigiendo grupos de 16 detectores cada uno, el número de módulos usados es determinado por la longitud del brazo del detector (2).

50 El brazo del detector (2) se conecta a una unidad de procesamiento de datos conectada con la interfaz (CANi). La aplicación de software dedicada (Sd), que se ejecuta en la unidad (UPd), recibe datos de la interfaz (CANi) y los envía a través de un radio módem al centro de control móvil (12), donde son interpretados para crear una radiografía del objeto escaneado. Esta imagen es visualizada en el monitor (Mon), y otra aplicación permite que el operador aplique diferentes filtros de software privados en la imagen, para realzar algunos parámetros de la imagen.

La LAN inalámbrica se utiliza para conectar las unidades de procesamiento de datos (UPa) y (UPd).

55 El subsistema de protección del área de exclusión (13) es un subsistema activo de protección radiológica, que acciona directamente la fuente (6), para apagarla automáticamente en el caso que la zona de exclusión (a) haya sido traspasada. Los sensores activos del subsistema de protección del área de exclusión (13), son colocados en grupos de dos en las extremidades de una diagonal del área de exclusión a y con un ángulo de 90 grados entre sí, estos crean una barrera virtual de dos metros de alto y de cuarenta metros de largo, suficiente para limitar una superficie rectangular de 60 40m X 40m máximo. Estos sensores están radioconectados permanentemente con el centro de control (12), en los que envían una señal de alarma en el caso de una infracción de la barrera infrarroja. Esta señal automáticamente cierra la fuente (6) y activa un texto, mensaje expresivo y gráfico en la interfaz gráfica de la aplicación de software del operador, indicando el lado traspasado. El subsistema está diseñado para funcionar en condiciones meteorológicas difíciles tales como lluvia, nieve, viento, polvo, temperaturas extremas, etc.

65 El subsistema para la protección del área de exclusión es desactivado para permitir la entrada/salida dentro/fuera del área de exclusión (a), sincronizada con los tiempos de trabajo de las barreras (15 y 16). Cuando el conductor del vehículo inspeccionado ha abandonado el área, el subsistema es reactivado.

## ES 2 300 875 T3

5 El subsistema de gestión del tráfico automatizado (14) gestiona las barreras (15 y 16) y las luces de tráfico (17 y 18) se disponen en la entrada y la salida en el carril de escaneado para controlar el acceso de los vehículos que son inspeccionados. Este subsistema (14) es controlado automáticamente por la aplicación del software del operador. En la interfaz gráfica del operador las informaciones sobre el estado vivo son visualizadas en tiempo real, como barrera levantada, barrera bajada, elevación de la barrera, bajada de la barrera, malfuncionamiento, luz roja encendida, luz verde encendida, bombilla roja defectuosa, bombilla verde defectuosa. Los comandos y el estado son enviados a través de unas interfaces y de los radio módems correspondientes.

10 El centro de control móvil (12), administra todos los componentes del sistema de inspección móvil, asegurando la automatización del proceso. Para una gestión controlada y una evidencia exacta, todos los comandos e informaciones, estado e interacciones humanas son registradas en una "caja negra". La comunicación con las unidades móviles (1 y 5) se realiza a través de unos radio módems de gran velocidad como soporte de hardware para comunicación de datos y de estado.

15 En el "modo de escaneado" el centro de control móvil (12), está dispuesto fuera del área de exclusión (a), cerca del punto de entrada. En una variante de la implementación, el centro (12) puede ser una caravana con dos compartimientos, un compartimiento de oficina y un compartimiento de dormitorio para proporcionar al operador unas condiciones de trabajo y de descanso óptimas en el caso de realizar viajes itinerarios para realizar inspecciones en sitios diferentes. Esta configuración se prefiere considerando la posibilidad de que el equipo podría recibir misiones de larga duración y distancia, y que la independencia de las condiciones de acomodación contribuye a la eficiencia y optimización.

20 La caravana en la que se aloja el centro de control móvil (12), está equipada con un generador eléctrico y con un equipo de climatización, que le permite ser eléctricamente independiente y funcionar dentro de los límites normales aunque haga mal tiempo. En el "modo de transporte" esta caravana es remolcada por el chasis 1 formando juntos el sistema de inspección móvil no intrusiva.

30 La eliminación del centro de control móvil (12) fuera del área de exclusión a, al igual que la eliminación de la necesidad de un conductor durante el escaneado, elimina todos los riesgos de exposición a radiación y permite reducir el personal operativo desde al menos tres personas por turno necesarias para cualquier sistema existente similar, hasta sólo una persona por turno.

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 300 875 T3

## REIVINDICACIONES

1. Método de inspección no intrusiva para el escaneado de vehículos mediante el uso de radiaciones, **caracterizado** por el hecho de que éste comprende las etapas siguientes:

- el vehículo es colocado en un lugar marcado, teniendo un acceso a una zona de exclusión a través de un subsistema de gestión del tráfico automatizado que controla automáticamente el funcionamiento de las barreras y de los semáforos de entrada/salida ;
- la protección de la zona de exclusión es activada una vez que el conductor del vehículo que debe ser escaneado abandona la zona de exclusión;
- el proceso de escaneado es iniciado por comandos remotos a una unidad móvil de escaneado sobre la que está montado un brazo con áreas de detector específicas para el tipo de radiación usado y un robot portador de la fuente móvil;
- la fuente de radiación es activada;
- el movimiento lento y constante de las dos unidades móviles es iniciado, este movimiento de unidades rectilíneo y uniforme en trayectorias paralelas, que rodean al vehículo escaneado, el robot fuente moviéndose sincronizado con la unidad de escaneado móvil;
- el movimiento de las unidades móviles es controlado automáticamente por módulos electrónicos e informáticos, conectados con el centro de control en una red local, a través de radio módems, desde donde éstas reciben comandos, y hacia donde, en tiempo real, envían informaciones del estado y los datos dedicados;
- la detención del escaneado es realizada automáticamente en las situaciones siguientes, cuando el brazo del detector ha pasado la extremidad del vehículo escaneado y los detectores reciben el máximo nivel de radiación, al final del periodo de escaneado programado, cuando el limitador de protección del movimiento es activado, cuando no se ha respetado la protección de la zona de exclusión, cuando el sensor de proximidad ha sido activado indicando una distancia peligrosa entre el brazo del detector y el vehículo escaneado, cuando unos obstáculos cerca de las vías de guiado han sido detectados automáticamente por sensores colocados sobre las unidades móviles;
- la imagen resultante del escaneado del vehículo es visualizada en el monitor del operador;
- al final de la etapa, la protección de la zona de exclusión es desactivada automáticamente, y el vehículo puede abandonar el área de escaneado;

2. Sistema de inspección no invasiva que implementa el método descrito en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que incluye: una unidad de escaneo móvil instalado sobre un chasis de camión (1), comprendiendo algunas áreas de detector (3 y 4) específicas a la fuente de tipo radiación (6) usada en un brazo de detector, un robot fuente (5) portador de una fuente de radiación (6), ambas unidades siendo autónomas (1 y 5) y con sensores para la detección automática de obstáculos cerca de las vías de guiado, sensores de proximidad indicando la distancia entre el brazo del detector y el vehículo escaneado, subsistemas con información, para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10), un limitador de protección del movimiento, un subsistema de sincronización de la posición (7) y una subsistema de propulsión hidráulica (9) para realizar un movimiento lento rectilíneo y uniforme de la unidad de escaneado, y un centro de control móvil (12), que está dispuesto al exterior del área de escaneado (a) y que gestiona remotamente todos los procesos usando una red de área local y un radio módem, incluyendo un subsistema para la adquisición, procesamiento, almacenamiento y visualización de la imagen escaneada (11), el sistema incluye también un subsistema de protección de la zona de exclusión (13), un subsistema de gestión del tráfico automatizado (14) que controla las barreras y semáforos de entrada/salida y un subsistema de gestión por ordenador (19).

3. Sistema de inspección no intrusiva según la reivindicación 2, donde la unidad de escaneado móvil tiene un brazo del detector (2) formado por el área del detector superior (3) y el área del detector inferior (4), esta última siendo montada independientemente, lateralmente hacia la derecha, sobre el chasis suplementario (28), en una fijación oscilatoria en un perno perpendicular sobre el eje longitudinal del chasis y el área del detector superior (3), montada sobre un puntal de acero (29) pudiendo pivotar sobre un soporte (30) solidario con el chasis suplementario (28), las dos áreas del detector (3 y 4) teniendo sistemas plegables separados, pero una funcionalidad unitaria durante los procesos de escaneado.

4. Sistema de inspección no intrusiva según la reivindicación 3, donde el brazo del detector (2) se compone de cinco segmentos orientados en ángulos diferentes, y formado por una aleación ligera ensamblada en forma de "T".

5. Sistema de control no intrusivo según la reivindicación 2, donde en otra variante de la implementación, el subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10) de la unidad móvil, tiene un motor eléctrico, para accionar la columna de dirección y un módulo de comando y de control automatizado electrónico

## ES 2 300 875 T3

y recibe información sobre la posición relativa de las dos vías de guiado (20 y 21) a través de algunos módulos de hardware/software (M2r y M2s) y los procesa a través de un módulo (M1r y M1s) produciendo la entrada al subsistema de sincronización de la posición (7), conectado a los servosistemas de ejecución del chasis (1) y de la fuente robot (5).

5 6. Sistema de inspección no intrusiva según las reivindicaciones 2 y 5, donde en otra variante de la implementación, el subsistema para el control automatizado de la velocidad y de la dirección (10) recibe información sobre la posición relativa de unos sensores láser de haces giratorios (22) reflejados en una red fija de reflectores láser (23), a través de algunos módulos (M2r y M2s) y los trata a través de algunos módulos de hardware/software (M1 r y M1s), suministrando la entrada al subsistema de sincronización de posición (7) conectado a los servosistemas de ejecución del chasis (1) y el robot fuente (5).  
10

7. Sistema de inspección no intrusiva según la reivindicación 2, donde el subsistema de transmisión hidráulica (9), que impulsa al chasis (1) un movimiento lento tiene una caja de cambios mecánica para un subsistema de accionamiento combinado (8), con un sensor de revelación (33), una bomba hidráulica (26) con una capacidad de flujo controlada electrónicamente, un motor hidráulico (27) un módulo de comando electrónico y una aplicación de software dedicada para el control automatizado de la velocidad.  
15

8. Sistema de inspección no intrusiva según la reivindicación 2, donde el subsistema de gestión del tráfico automatizado (14) en la zona de exclusión (a) y el área limítrofe posee unas barreras (15 y 16) con unas luces de tráfico (17 y 18) comandadas de forma inalámbrica y remota directamente por una aplicación de software dedicada, y el subsistema de protección del área de exclusión (13) del área de exclusión (a) está formada por unos sensores de presencia activos, un módulo de control del estado de los sensores y un sistema de parada automático del módulo de la fuente radiactiva (6) en el caso de que no se haya respetado la zona de exclusión (a).  
20

9. Sistema de inspección no intrusiva según la reivindicación 2, donde el subsistema para la adquisición, procesamiento, almacenamiento y visualización de la imagen escaneada está compuesto por módulos electrónicos que incluyen unos preamplificadores (PA1...PAn), unos multiplexores (M1...Mn), unos convertidores analógicos-digitales (CA/D1...CA/Dn), unos microcontroladores (MC1...MCn), un canal de transmisión de datos (CAN-BUS), unos módulos (CAN1...CANn), una interfaz de comunicación (CANi) a una unidad de procesamiento (UPd) que ejecuta una aplicación de software dedicada (Sd), conectada en una LAN inalámbrica a otra unidad de procesamiento (UPa) que ejecuta otra aplicación de software (Sa) que presenta la radiografía del vehículo escaneado en un monitor (Mon).  
25  
30

35

40

45

50

55

60

65

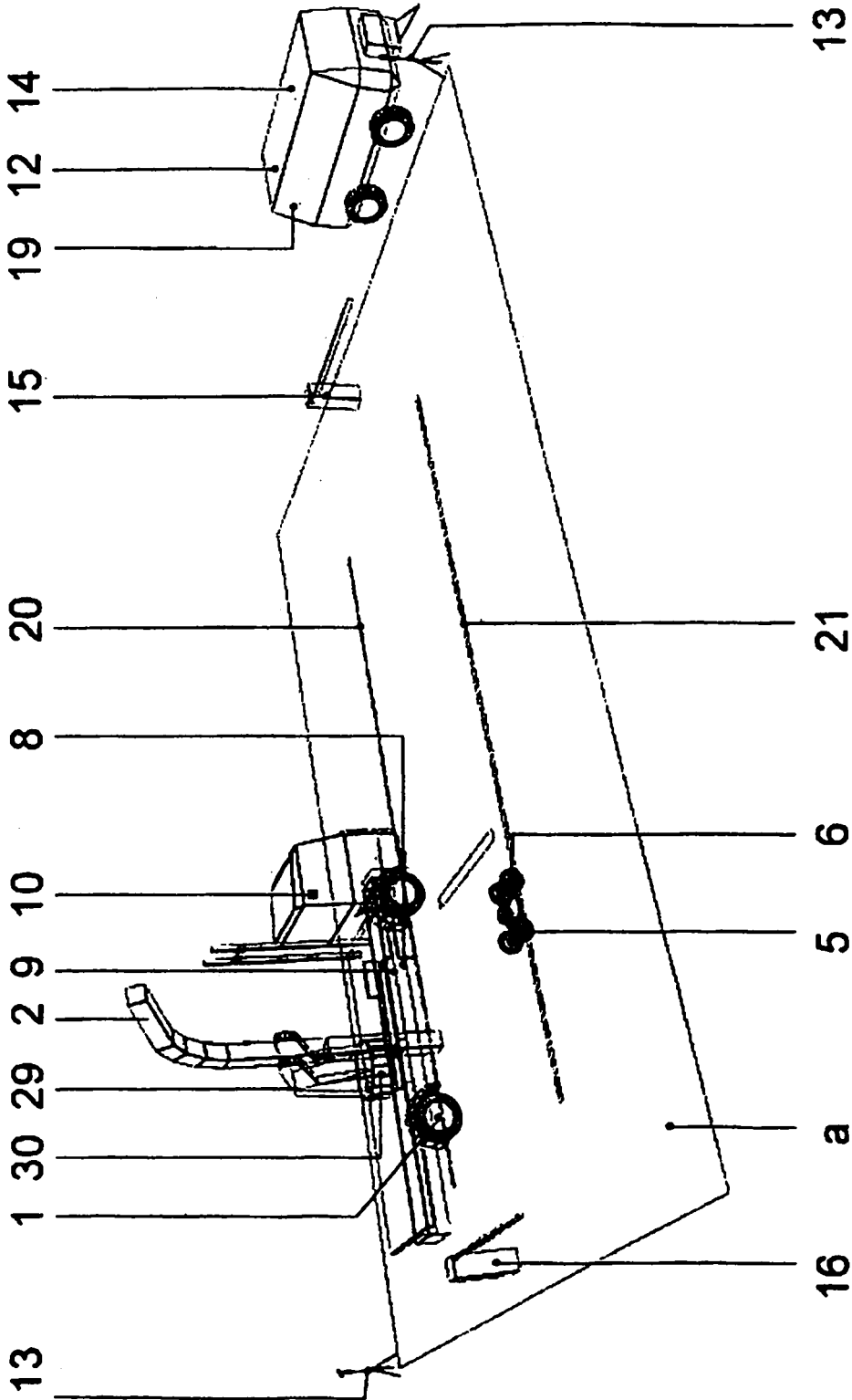


Fig. 1.

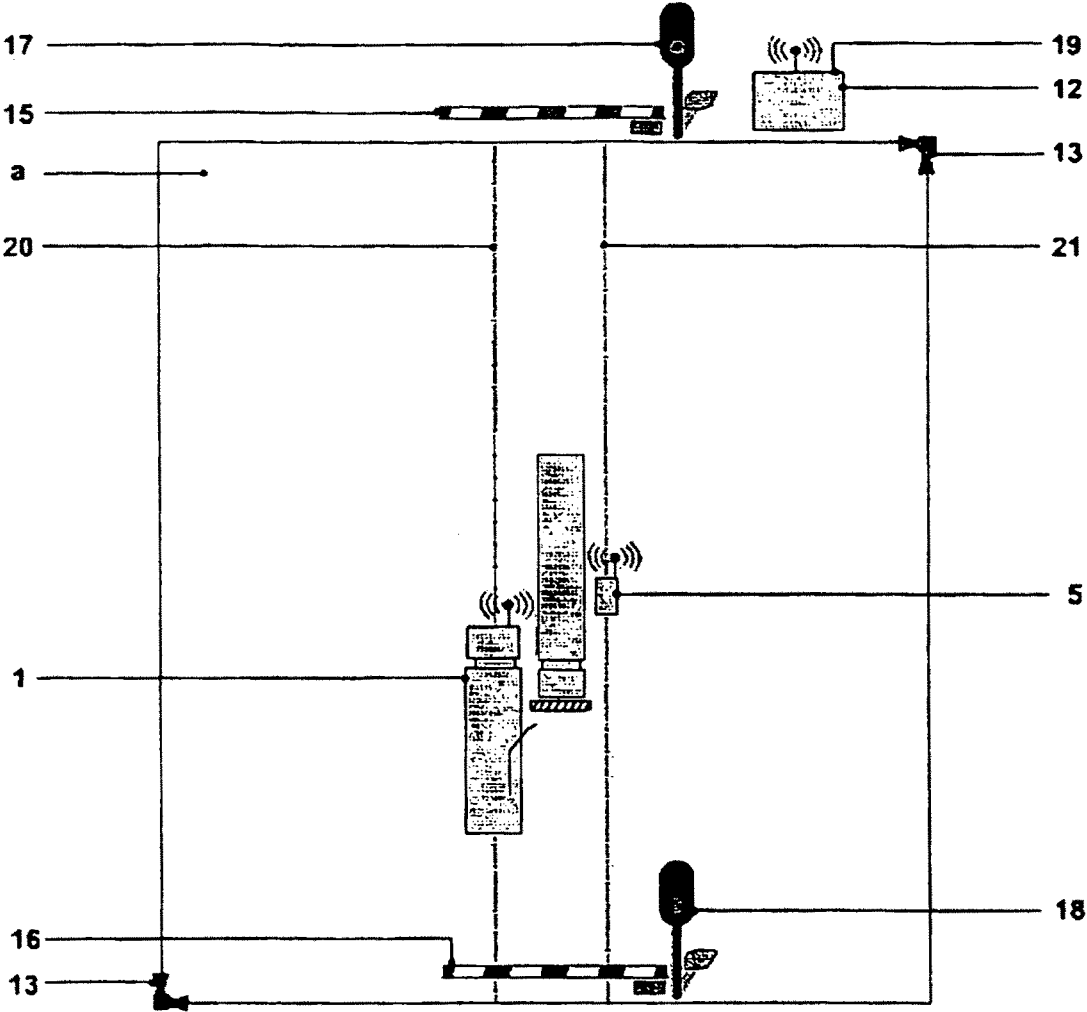


Fig. 2.



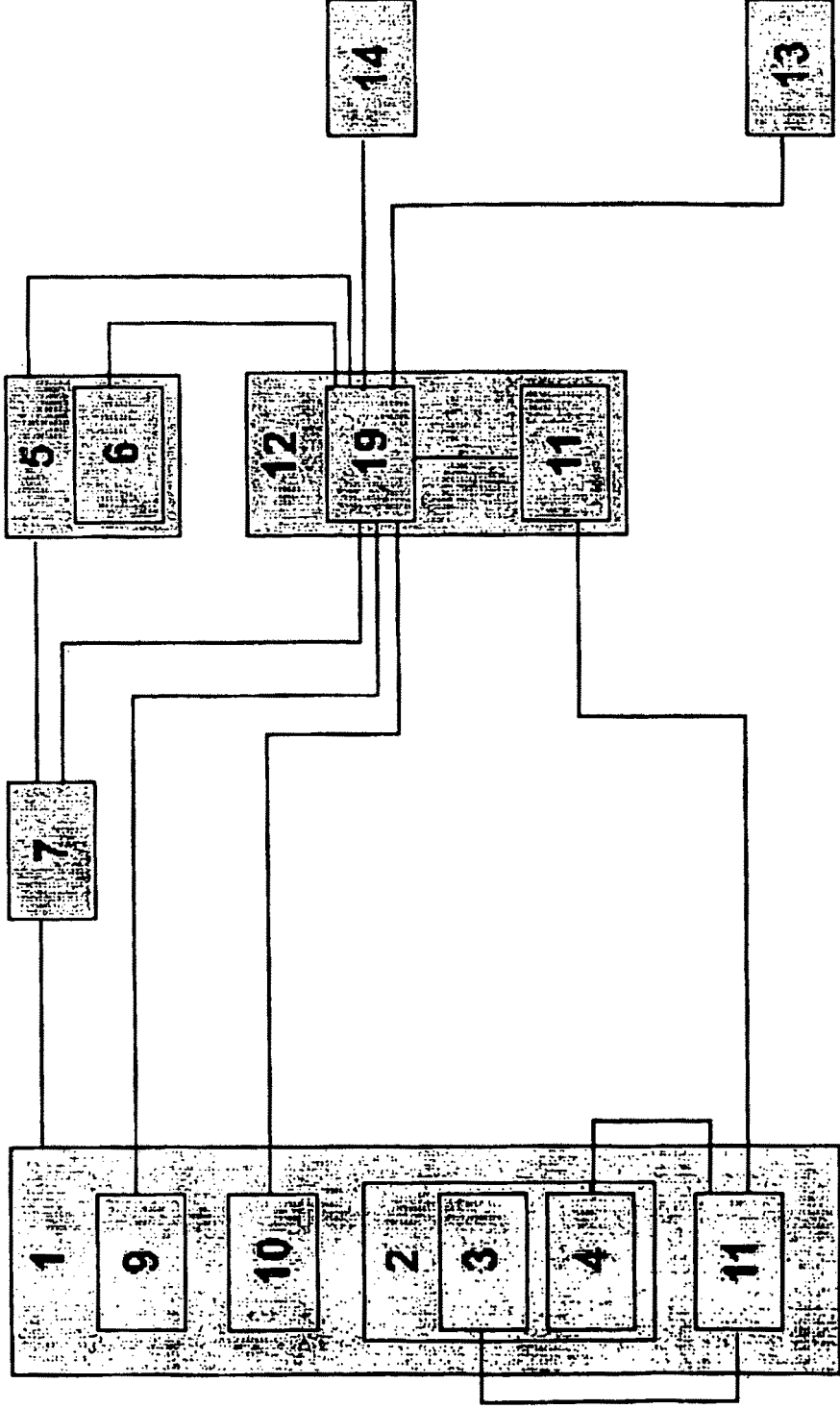
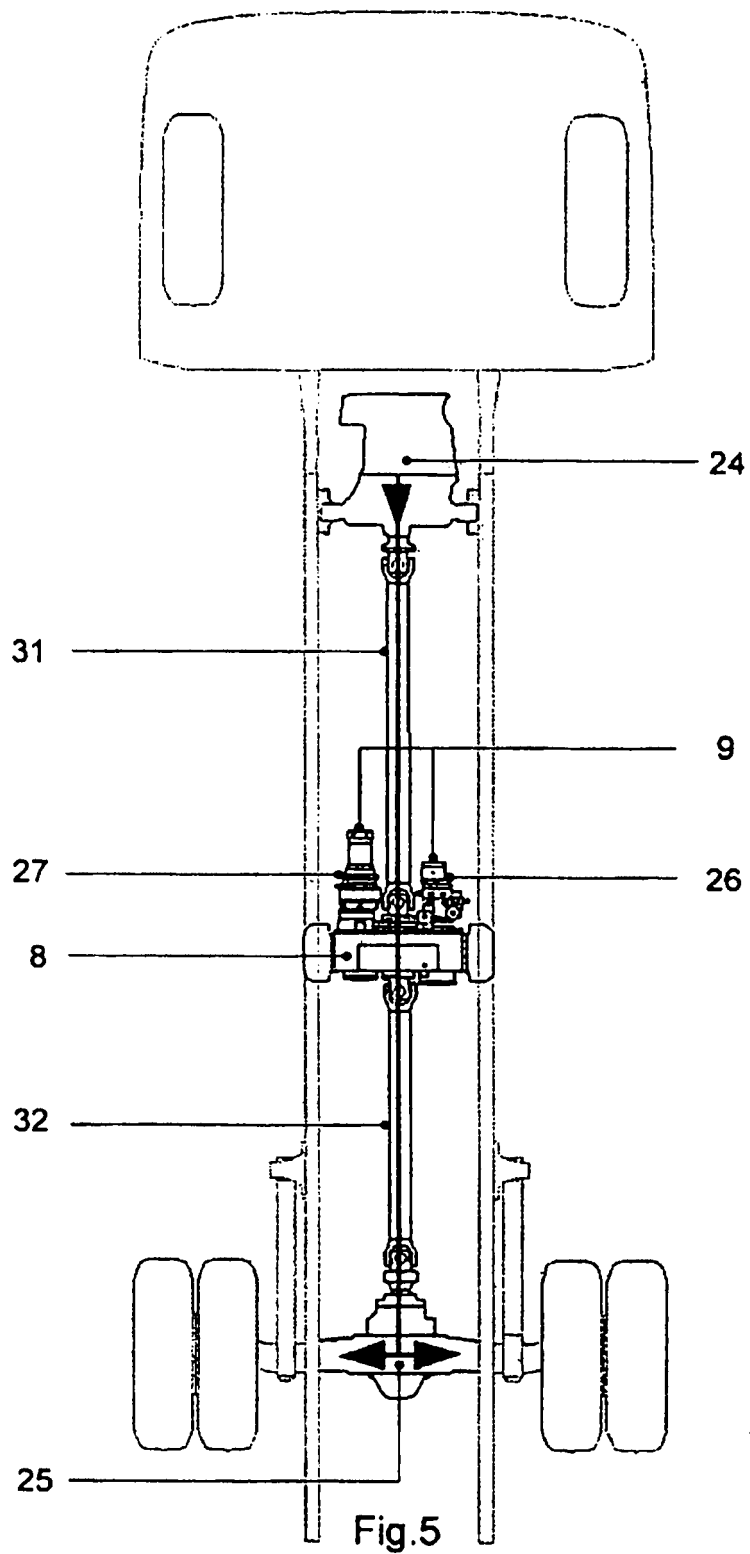
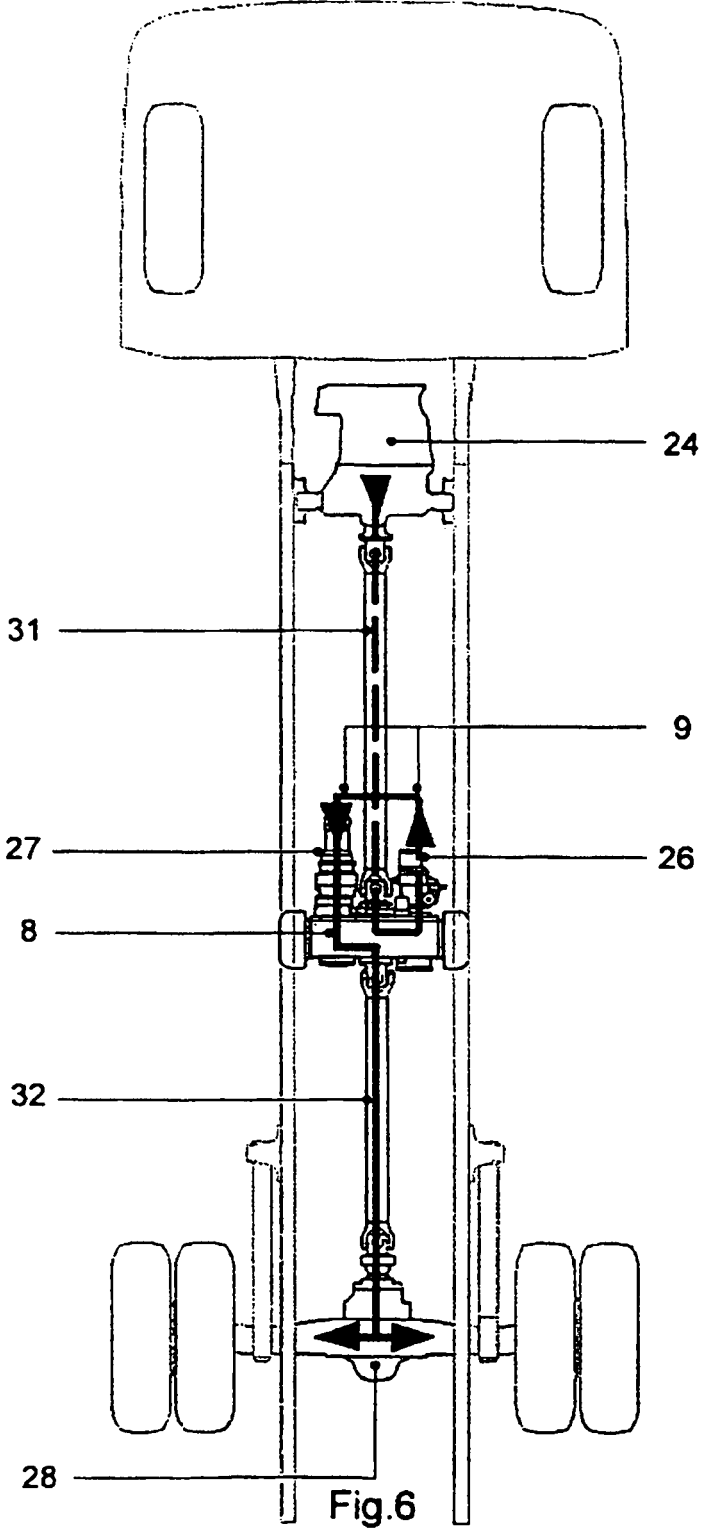


Fig. 4





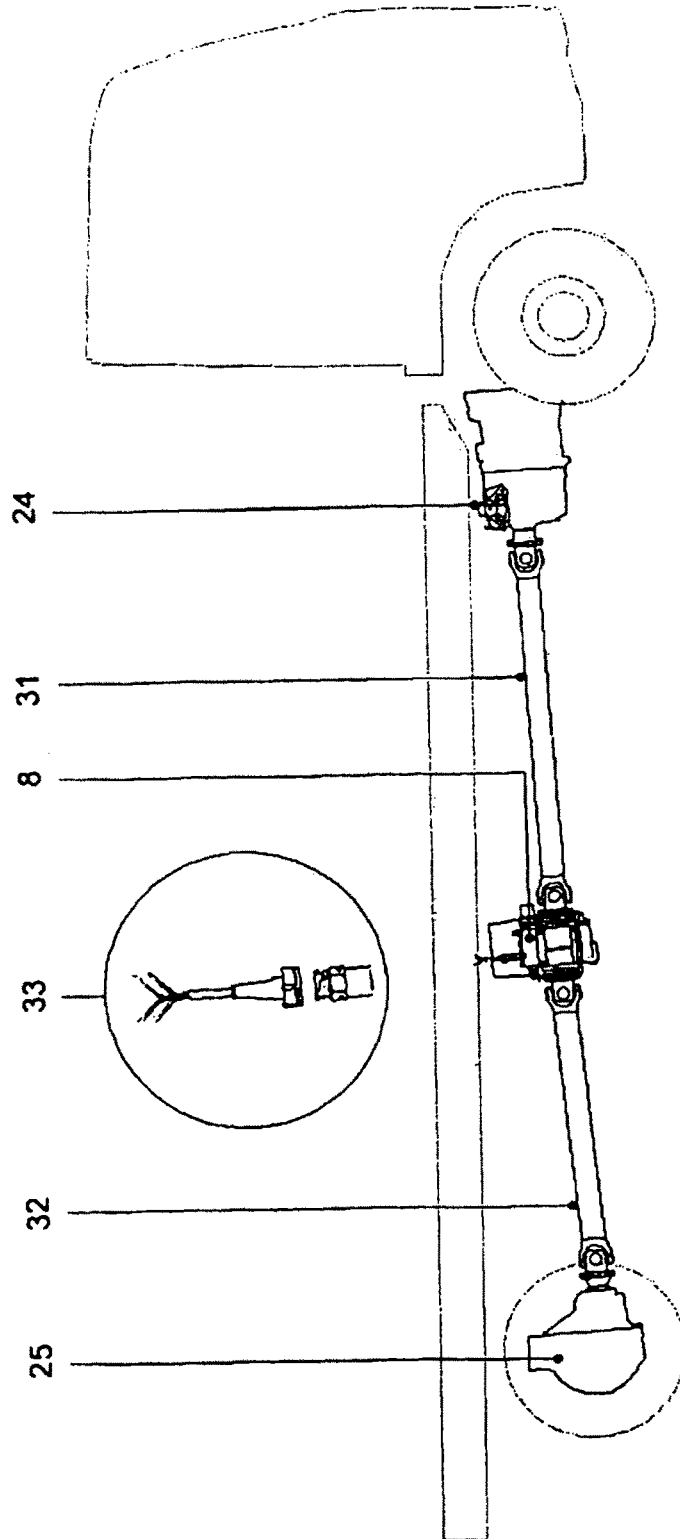
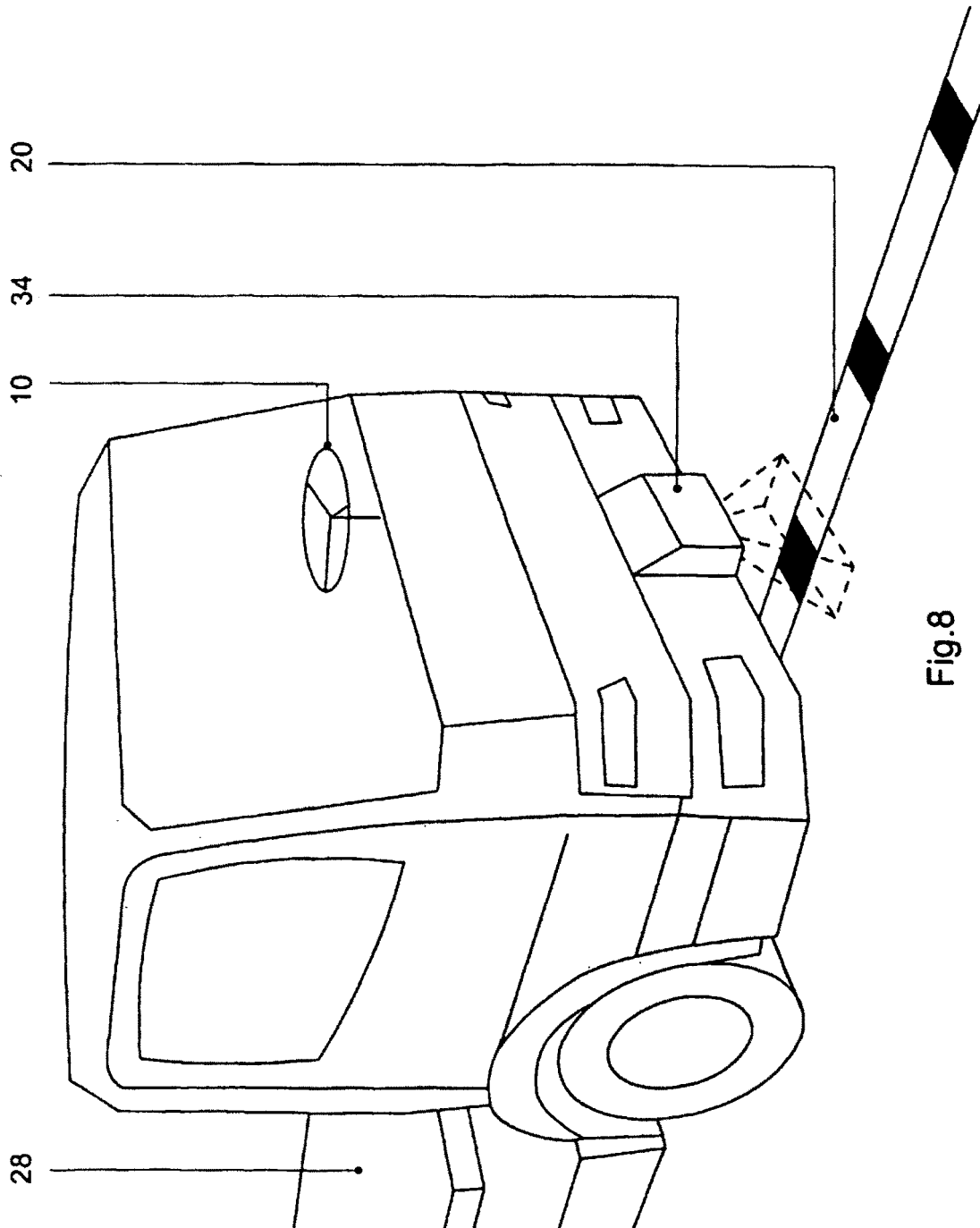


fig.7



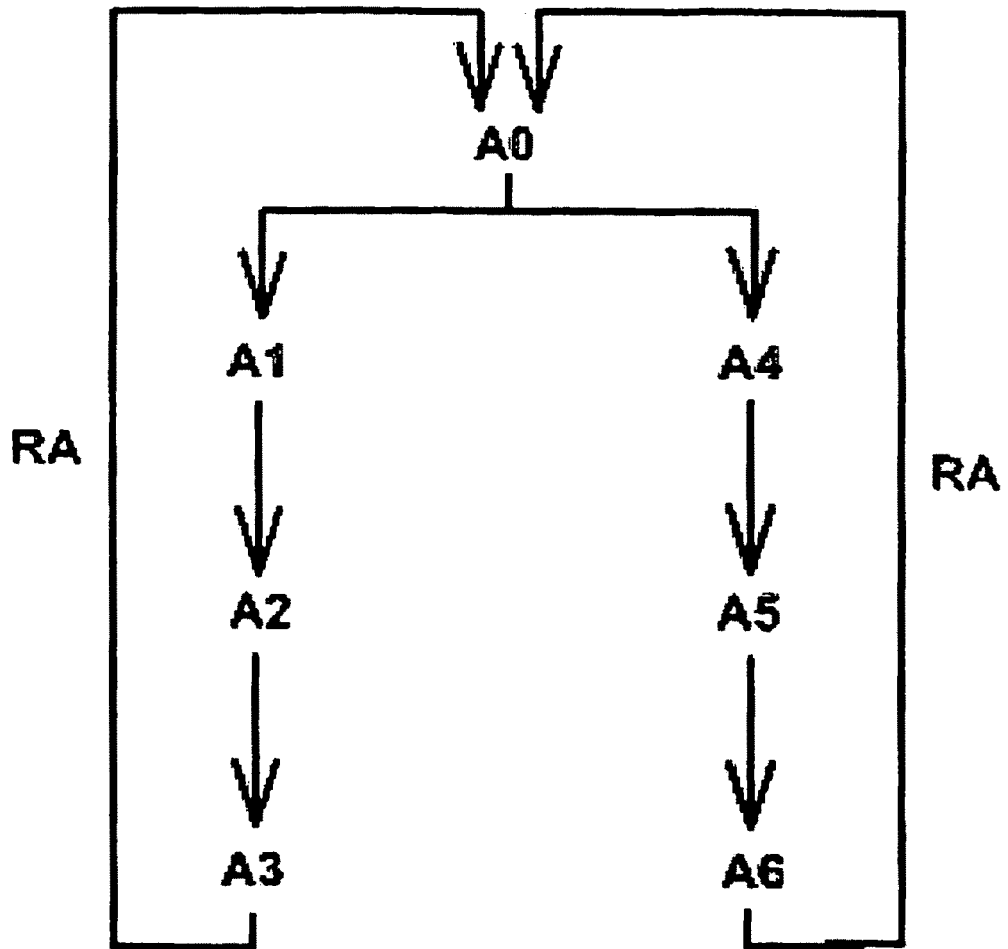


Fig. 9

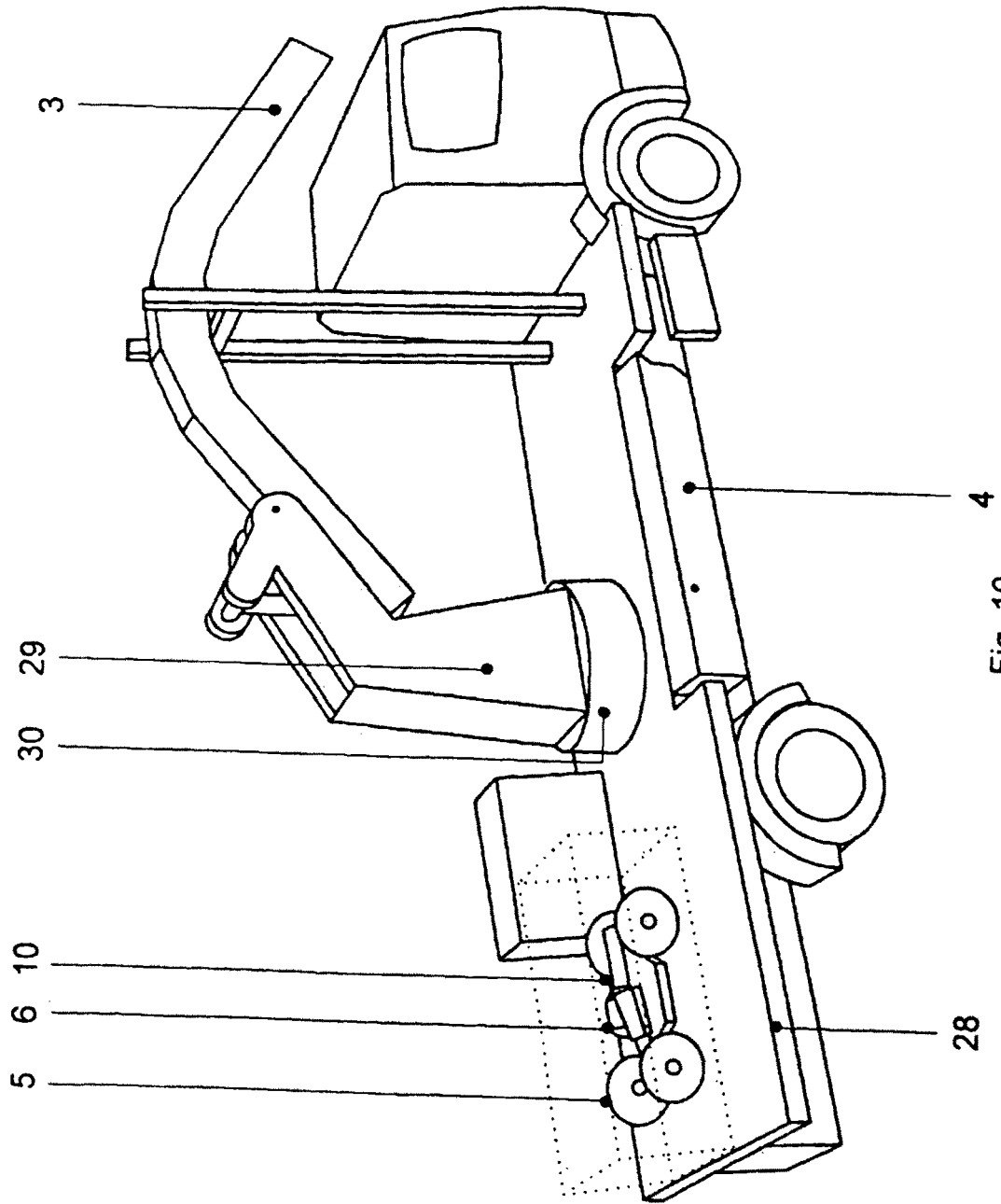


Fig. 10

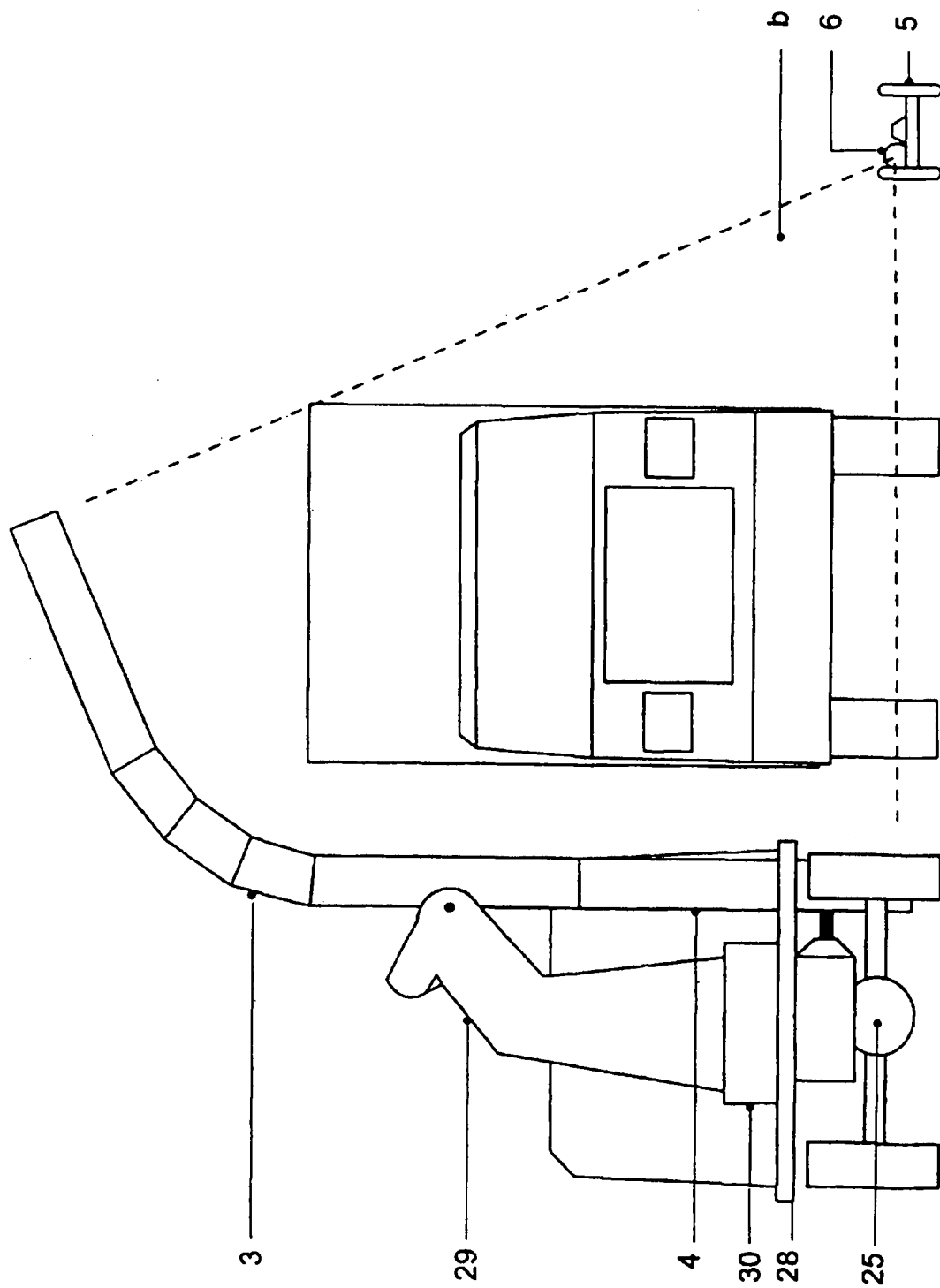


Fig. 11

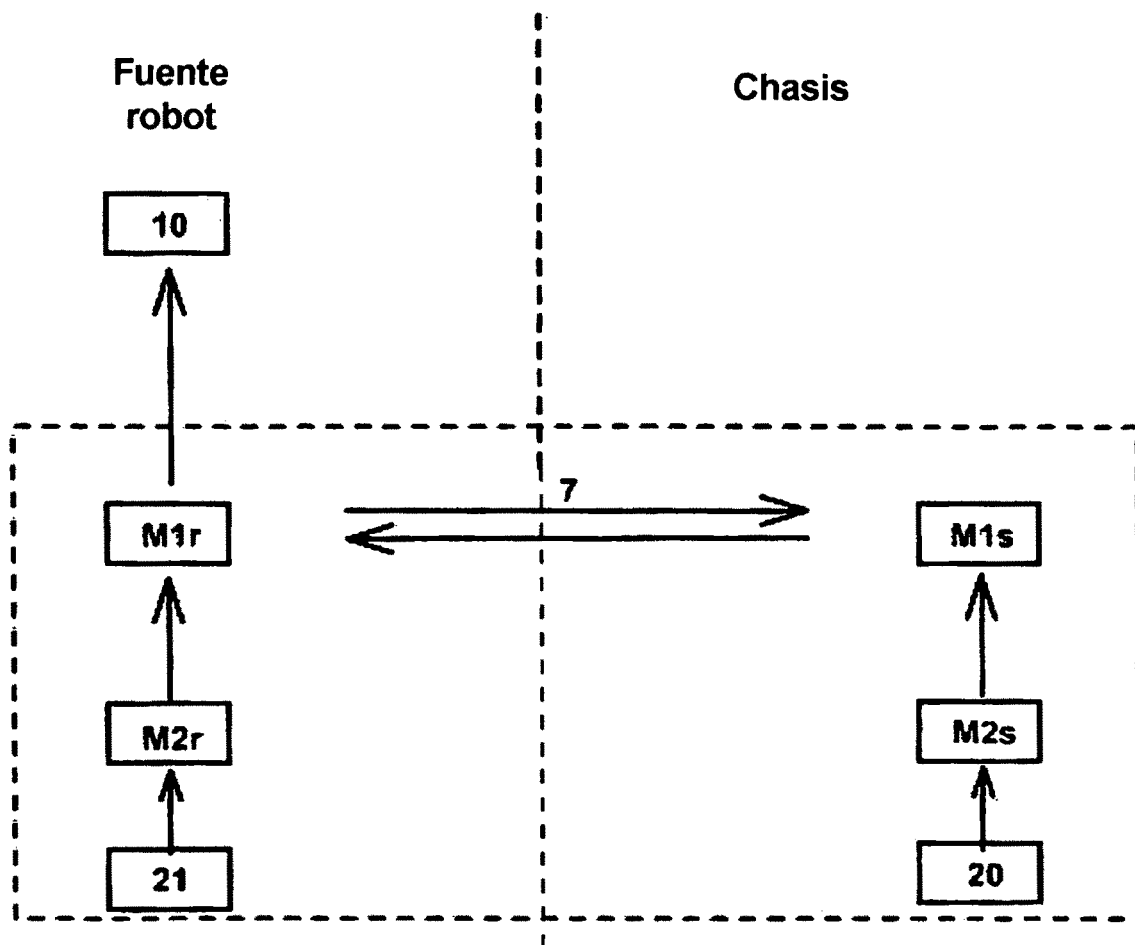


Fig. 12

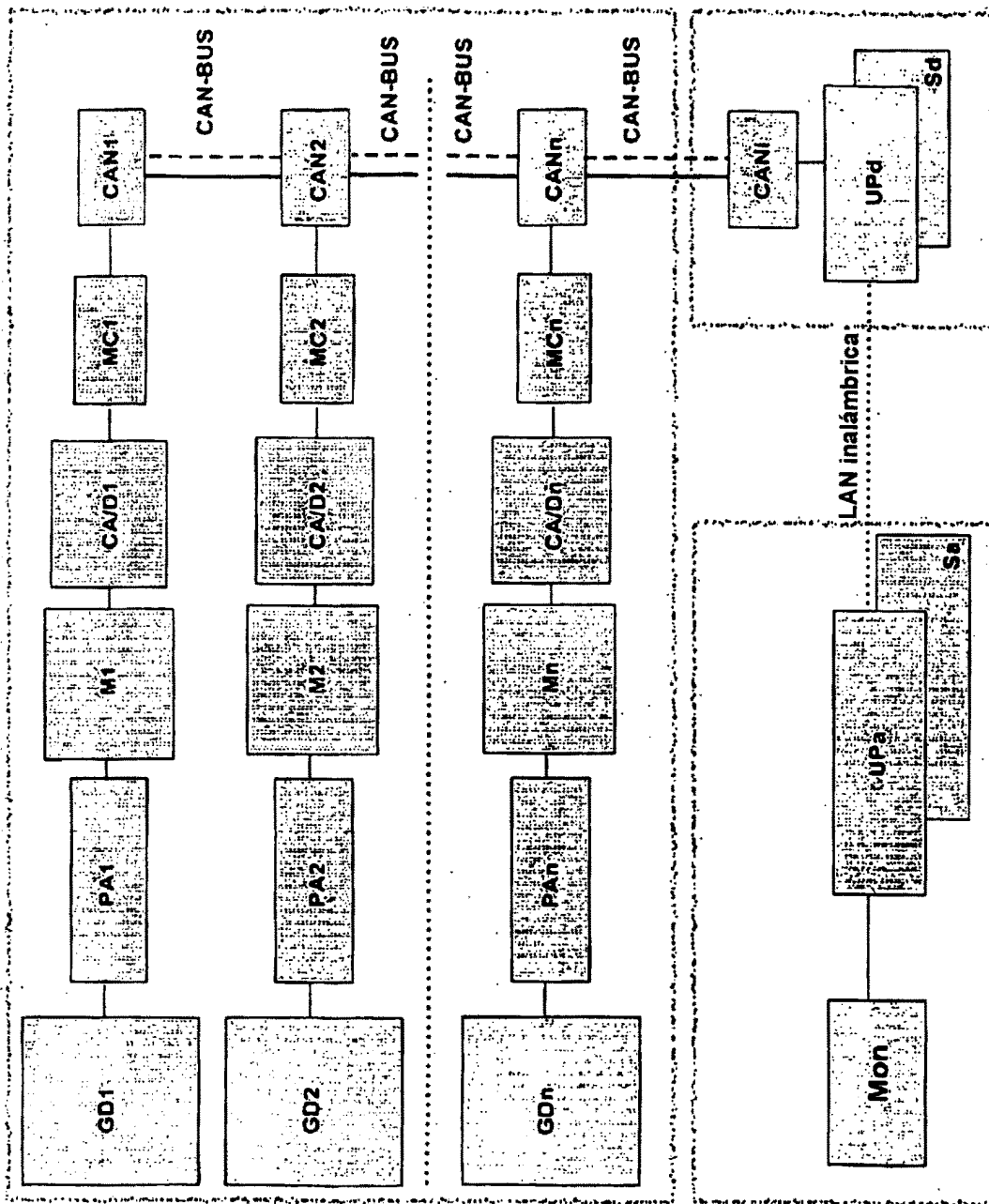


Fig. 13