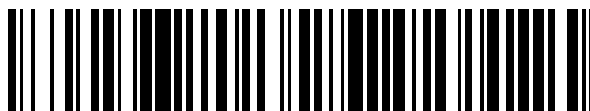


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 275**

51 Int. Cl.:

G01R 31/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2012** **E 12714026 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016** **EP 2839300**

54 Título: **Plataforma de prueba de tren**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2016

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH (50.0%)
Schöneberger Ufer 1
10785 Berlin, DE y
SAFRAN ENGINEERING SERVICES S.A.S.
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**BOURGOIN, FREDERICK;
CHATAIN, DAVID;
BERGER, XAVIER;
ECKEMARK, ANDREAS;
CORDELLE, LOIC;
GÜNTHER, DETLEV;
KIRCHHOF, ROBERT;
TORRADO, GERVASIO y
GIERING, TORSTEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 578 275 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

Plataforma de prueba de tren

- 5 La invención pertenece a plataformas de prueba de tren, especialmente para la prueba de integración de sistemas y componentes de tren eléctricos, electromecánicos y/o electro-neumáticos.

Antecedentes de la invención

- 10 La complejidad de los trenes ferroviarios modernos ha aumentado drásticamente durante las últimas décadas. Hoy en día muchos sistemas y componentes están controlados e interconectados mediante un sistema de comunicación que comprende alambrado, buses, etc. En trenes que comprenden múltiples cabinas es importante probar los sistemas y componentes de tren individuales con respecto a su funcionalidad no únicamente como sistemas individuales sino también como un componente de un sistema de tren integrado interconectado.

- 15 Hasta ahora ha sido común construir bancos o plataformas de prueba para probar el sistema de tren individual por sí mismo. El documento US 6.269.319 B1 desvela adicionalmente una estación de prueba de integración reconfigurable para una pluralidad de componentes de vehículo de un vehículo individual como una aeronave. El banco de pruebas está diseñado para ser adaptable a diferentes modelos de vehículo. La unidad bajo prueba está
20 conectada a la estación de prueba que simula un entorno para esta unidad bajo prueba. El entorno simulado se usa para simular otros componentes del vehículo individual.

- 25 Una plataforma de prueba de este tipo puede revelar algunos problemas que surgen de la interferencia de diferentes componentes por ejemplo, en una etapa de desarrollo temprana. Sin embargo, es muy tedioso y lleva tiempo y también es propenso a errores en algún aspecto simular todos los otros componentes que pueden afectar a la unidad bajo prueba. Las influencias no esperadas e interferencia normalmente no pueden detectarse debido a caídas breves en la simulación de los componentes que a menudo no "imitan" el comportamiento inesperado. Los problemas se multiplican, cuando no únicamente una agrupación de componentes de un vehículo individual, sino una unidad de múltiples vehículos como un tren ferroviario se ha de probar.

- 30 Por lo tanto, existe una necesidad de una plataforma de prueba mejorada para probar la integración de componentes de tren especialmente en trenes ferroviarios complejos que comprenden múltiples cabinas.

Sumario de la invención

- 35 De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona una plataforma de prueba de tren para un tren ferroviario que comprende múltiples cabinas. Dicha plataforma de prueba comprende:

- una unidad de cabina para cada una de las múltiples cabinas que representan una respectiva de cada una de las
40 múltiples cabinas de tren real,
- un sistema de comunicación de tren que conecta las unidades de cabina y sistemas de tren,
- una unidad supervisora, y
- sistema de memoria reflectiva,
45 en el que el sistema de memoria reflectiva comprende una tabla de memoria reflectiva del mismo espacio de memoria para cada unidad de cabina y la unidad supervisora, en el que dichas tablas de memoria se mantienen sincrónicas mediante el sistema de memoria reflectiva, y en el que cada unidad de cabina comprende

una unidad de instrumentación

- 50 proporcionando dicha unidad de instrumentación las interfaces de conexiones eléctricas entre el sistema de comunicación del tren y todos los componentes del tren en la respectiva cabina, en el que la unidad de instrumentación comprende adicionalmente:

- 55 al menos un motor en tiempo real de unidad de cabina;
- en el que dicho al menos un motor en tiempo real de unidad de cabina puede leer desde y escribir en la respectiva tabla de memoria reflectiva de dicha respectiva unidad de cabina y; configurado para monitorizar y/o manipular señales en estas interfaces de conexiones eléctricas en tiempo real, en el que las señales monitorizadas se escriben en la tabla de memoria reflectiva y se llevan a cabo manipulaciones de acuerdo con los datos leídos desde la tabla de memoria reflectiva; y
- 60

- una unidad de simulación para sistemas de tren de cabina no está físicamente presente en la respectiva cabina para simular el comportamiento eléctrico de dicho sistema de tren de cabina no presente (por ejemplo para reaccionar con las señales especializadas para dicho sistema de tren de cabina no presente y para proporcionar las respectivas
65 señales que se suministrarían mediante el respectivo sistema de tren de cabina real simulado); en el que dicha unidad supervisora comprende:

un motor en tiempo real de sistema central que interactúa con la respectiva tabla de memoria reflectiva mediante la lectura de datos para grabar y/o monitorizar y/o procesar datos de señal monitorizada y mediante la escritura de datos en la tabla de memoria reflectiva para manipular señales en unidades de cabina y/o dirigir y/o controlar sistemas de tren de cabina y/o componentes de plataforma de las unidades de instrumentación.

5 De acuerdo con un segundo aspecto una plataforma de prueba de tren de este tipo se usa para realizar prueba de integración de uno o varios sistemas de tren de cabina verdaderos antes de construir un primer tren de múltiples cabinas real.

10 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención se propone usar una plataforma de prueba de tren de este tipo para realizar prueba de resistencia para estar por delante de los trenes verdaderos en servicio. Esto posibilita detectar desgaste inesperado.

15 De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención se usa una plataforma de prueba de este tipo para probar la integración de componentes de sustitución mientras los trenes verdaderos están aún en servicio.

De acuerdo con un quinto aspecto se usa una plataforma de prueba de este tipo para entrenar personal de servicio en componentes reales y su comportamiento en el entorno de tren. Esto puede ocurrir antes de poner los trenes verdaderos en servicio o mientras los trenes ya están en servicio.

20 Los diferentes aspectos de la invención permiten la detección de posibles deficiencias de diseño, errores de diseño, especificaciones incorrectas o incompletas para ciertos componentes en una preproducción de etapa temprana o mientras los trenes verdaderos de un cierto modelo ya están en servicio. Especialmente los fallos que tienen lugar aleatoriamente o muy raramente pueden replicarse y verificarse mediante una plataforma de prueba de este tipo proporcionando un conjunto de información completo o casi completo sobre las señales y el estado de todos los componentes monitorizados. Los efectos secundarios e influencias inesperados pueden revelarse. Una ventaja de una plataforma de prueba de tren de este tipo sobre el sistema de tren real es la capacidad de probar modos degradados y/o modos de fallo de sistemas de tren de cabina, sistemas por todo el tren y similares. Especialmente pueden probarse y detectarse las interferencias adicionales entre el sistema idéntico en una cabina o diferentes cabinas. Aquellas que normalmente no se pueden detectar en estaciones de prueba de la técnica anterior, ya que normalmente un único componente de este tipo se prueba en un entorno simulado.

Definiciones

35 Una unidad de cabina de la plataforma de prueba no es una cabina real que comprende la estructura completa de un vagón ferroviario. Una unidad de cabina comprende todos los componentes y sistemas que pueden asignarse a una cabina de un tren de múltiples cabinas. Por lo tanto la unidad de cabina comprende todas o al menos una mayoría de las entidades funcionales operacionales más importantes relacionadas con seguridad relacionadas con una cabina. Estos son los componentes reales o verdaderos de un tren que va a producirse finalmente, que también se denominan componentes de producción o componentes verdaderos (tren). Estos son también aquellos componentes de la plataforma de prueba asignados a una cierta unidad de cabina que se usan para monitorizar y/o manipular y/o simular componentes de la respectiva unidad de cabina. La unidad de cabina comprende también aquellos componentes de hardware y/o software que proporcionan infraestructura a la respectiva unidad de cabina como fuentes de alimentación, cajas de conexiones o unidades de memoria reflectiva del sistema de memoria reflectiva asignadas a la unidad de cabina.

50 Un sistema de tren de cabina es un sistema de tren que está localizado en una unidad de cabina. Un componente de un sistema por todo el tren o por múltiples cabinas puede ser también un sistema de tren de cabina que está localizado en una respectiva cabina. Ejemplos de sistemas de tren de cabina son los sistemas de freno (por ejemplo un sistema de freno para cada cabina), los sistemas de monitorización de vagoneta, los sistemas de detección de fuego, los sistemas de puertas, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), pantógrafos, mesas de control, o sistemas de control y gestión de tren (TCMS) por nombrar algunos ejemplos.

55 Los sistemas de tren de cabina pueden comprender varios componentes localizados en diferentes lugares en la cabina verdadera representada mediante la unidad de cabina.

Un motor en tiempo real es un programa de software ejecutado en hardware apropiado para posibilitar la reacción en tiempo real a señales de entrada. Es decir el tiempo de procesamiento se determina mediante el motor en tiempo real y no se dicta mediante el planificador informático como en sistemas orientados a pilas. El procesamiento de una señal entrante se inicia inmediatamente o en un punto en el tiempo determinado mediante el motor en tiempo real. Los retardos debido a limitaciones de recursos se presupone que son órdenes de magnitud inferiores al tiempo de procesamiento anticipado. Las señales de salida se proporcionan a tiempo. Los motores en tiempo real usados para fines de simulación imitan estrechamente el comportamiento de temporización del componente simulado con respecto a emitir respuestas de señal cuando se responde a las señales de entrada.

65 El término monitorización se usa en este punto para obtener información acerca de una señal sin perturbar la señal o

cambiarla. Monitorizar una señal de dos niveles digital revela el estado de la señal, por ejemplo si un alambre que lleva la señal está en un estado de alta tensión o en un estado de baja tensión. Monitorizar una señal analógica da como resultado un valor, por ejemplo el nivel de tensión exacta de un alambre con respecto a un potencial de referencia. Tierra o masa se usan normalmente como potencial de referencia o tensión de referencia que tiene el valor de 0 o 0 V. A partir de monitorizar un bus se recibe, dependiendo del tipo de bus, uno o varios flujos de datos que representan estados de señal o tensiones de señal. Este flujo o estos flujos a menudo pueden interpretarse en vista de un protocolo, para recibir datos completos significativos como comandos, instrucciones, direcciones, datos, etc. Por lo tanto el resultado de monitorizar un bus depende de la cantidad de procesamiento realizado a los datos de bus monitorizados en bruto.

Los términos simulación o simular se usan cuando se proporciona una señal o señales mediante un simulador no presente en un sistema de tren verdadero. La señal o señales se crean para proporcionar información representativa sobre el alambre o buses que se simulan basándose en las condiciones verdaderas del sistema, obtenidas desde las señales monitorizadas. Por lo tanto se imita o emula un sistema o componente real en términos de proporcionar señales que se asociarían con una funcionalidad que proporcionara dicho componente real. El término simulación se usa cuando falta el componente.

Los términos manipulación o manipular se usan para situaciones, donde al menos una señal en un alambre o bus se fuerza a un cierto estado o valor. El término manipulación se usa cuando un componente real que está presente suministra la señal manipulada. Esta señal se manipula en caso de que la señal se fuerce a un cierto o estado o valor independientemente del valor suministrado verdadero mediante el componente real. Normalmente el término manipulación se usa únicamente cuando un estado forzado de esta señal es diferente del estado o valor pretendido que proporciona este componente real.

El sistema de comunicación de un tren comprende el alambrado, buses y fuente de alimentación y sirve la funcionalidad de que diferentes componentes y sistemas del tren pueden intercambiar señales. El sistema de comunicación puede comprender alguna funcionalidad básica, basada generalmente en relé. En este caso el sistema de comunicación a menudo se denomina sistema de control de tren convencional (OTC). El sistema de control de tren convencional (OTC), por ejemplo puede comprender circuitos de interbloqueo y de protección. Esto puede implicar el aislamiento de componentes y funciones eléctricas, por ejemplo para permitir controlar un tren desde un habitáculo únicamente, cuando este habitáculo está activo. El control de tren convencional puede comprender algunas interfaces controladoras para controlar las luces por ejemplo. En general, las funciones con un nivel de integridad de seguridad alto se implementan mediante alambrado e interbloqueo basado en relé que componen el OTC. Las funciones más avanzadas que no requieren el nivel más alto de integridad de seguridad se implementan en otros sistemas. Debería observarse que algunas funciones complejas con nivel de integridad de seguridad alto pueden implementarse también usando componentes de software. Por lo tanto en general las funciones de control y gestión más sofisticadas se implementan en componentes que no pertenecen al propio sistema de comunicación.

Realizaciones preferidas

La prueba de integración completa puede realizarse mejor en una plataforma de prueba, en la que el sistema de comunicación comprende el sistema de bus o sistemas de buses verdaderos así como el alambrado inter-cabina y en cabina verdadero excepto para desviaciones de longitud de cable donde sea apropiado. Donde sea apropiado significa en este contexto que los excesos de longitud u holguras de cables se minimizan si es posible. Para algunos cables puede ser necesario que sean más largos en la plataforma de prueba que en una cabina de producción para permitir la monitorización y/o manipulación de las señales llevadas.

Además del sistema de comunicación se prefiere que cada unidad de cabina comprenda el sistema de control y gestión de tren verdadero completo incluyendo los interbloqueos. Normalmente cada unidad de cabina comprende uno o varios componentes que proporcionan esta funcionalidad de control y gestión. Por ejemplo las unidades de cabina puede comprender el sistema o sistemas de control de tren convencional (OTC) completo así como el sistema o sistemas de control y gestión de tren verdadero completo (TCMS).

En una realización preferida la plataforma de prueba está localizada en un edificio, preferentemente en una sala. Cada unidad de cabina está asignada a una cierta área de modo que todos los sistemas de tren de cabina que pertenecen a esa cabina respectiva están localizados cerca entre sí. Esto se asemeja al mejor diseño de tren verdadero.

En una realización preferida las unidades de cabina están localizadas de una manera con forma de U o con forma de O. La unidad supervisora está preferentemente localizada en el extremo abierto o entre la primera y la última cabina de tren. Ya que el sistema de memoria reflectiva normalmente usa un bucle óptico para conectar las diferentes unidades que albergan las respectivas tablas de memoria del espacio de memoria compartido, esta distribución minimiza la longitud del bucle óptico para el sistema de memoria reflectiva. En virtud de este acto se minimizan los efectos de latencia. Es decir se minimiza el intervalo de tiempo que toma comunicar un cambio en una tabla de memoria reflectiva a todas las otras tablas de memoria reflectiva.

Es ventajoso tener la plataforma de prueba equipada con todos los sistemas de tren verdaderos usados en el tren de producción. Debido al tamaño, coste y otras limitaciones de recursos esto a menudo no es posible. Por lo tanto se instala únicamente un número seleccionado de sistemas de tren de cabina verdaderos en una plataforma de prueba. Especialmente para probar efectos secundarios en sistemas iguales en la misma cabina o en diferentes cabinas, se prefiere tener al menos al menos para algunos sistemas de cabina de tren varios sistemas de tren de cabina verdaderos instalados para probar en la plataforma de prueba.

El alcance principal de la plataforma de prueba es en una realización sobre la integración eléctrica y verificación funcional del diseño de tren de múltiples cabinas.

Preferentemente la plataforma de prueba comprende una o varias instancias verdaderas de sistemas de tren de cabina fuera del grupo: sistema de puerta verdadero, sistema de freno, mesa de control, sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), por ejemplo un armario de control de HVAC en combinación con una unidad de habitáculo de HVAC, sistema de fuente de alimentación, por ejemplo un cargador de batería que incluye baterías.

Para ciertos componentes es difícil instalar todos los componentes mecánicos que pertenecen al respectivo sistema de tren. Ejemplos son el sistema de freno o los sistemas de pantógrafo. En una realización por lo tanto la plataforma de prueba comprende una o varias instancias de los componentes de tren de cabina verdaderos al menos parcialmente. Los componentes preferidos se seleccionan fuera del grupo, pantógrafo, sistema de freno, en los que las partes verdaderas faltantes se simulan físicamente. Para un pantógrafo del tren en una realización, se instalan los ordenadores de tren de producción, pero se usa un simulador electro-neumático para simular los componentes de los brazos elevadores del pantógrafo. Con respecto al acoplamiento del simulador a los componentes de producción verdaderos el simulador se comporta como un brazo elevador de pantógrafo real. Por lo tanto, todas las señales enviadas desde los ordenadores y de vuelta a los ordenadores son idénticas en tipo de señal y temporización a un brazo elevador de pantógrafo real. En sistemas de freno por ejemplo las pinzas de freno pueden simularse mediante un simulador neumático.

Los sistemas en los trenes modernos a menudo comprenden subcomponentes que pueden no estar en comunicación con su controlador y/o componente de control mediante un sistema de bus u otras líneas de comunicación monitorizadas mediante la plataforma de prueba en cualquier caso. Por lo tanto en una realización preferida de la plataforma de prueba las unidades de instrumentación comprenden también las interfaces de conexiones para conectar subcomponentes de un sistema de tren de cabina con su controlador y/o componente de control, en el que esas interfaces de conexiones pueden monitorizarse o manipularse mediante el respectivo al menos un motor en tiempo real de unidad de cabina. Esto posibilita prueba de subcomponentes o prueba en profundidad componentes y sistemas verdaderos. Esto permite también manipulaciones de señales en un sistema de tren para facilitar la prueba de modo degradado o modo de fallo. Al monitorizar en profundidad ayuda a localizar errores e identificar componentes fallidos en caso no especificado y/o se observe comportamiento funcional erróneo de sistemas de tren de cabina.

En una realización preferida la unidad supervisora comprende un motor de simulación para simular el comportamiento por todo del tren. Un motor de este tipo puede por ejemplo simular una velocidad o aceleración de tren, o la deceleración en la activación de un freno de emergencia. Por lo tanto, este motor de simulación central proporciona datos en tiempo real usados mediante algunos otros componentes en el sistema de tren. Por ejemplo, las funciones del sistema de frenos son dependientes de la velocidad del tren verdadera. El sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado puede ser dependiente de los parámetros del entorno como temperatura exterior, humedad o un estado de conducción. El estado de conducción puede comprender por ejemplo información de si el tren está recorriendo al aire libre o en un túnel, etc.

Para posibilitar la prueba de resistencia y prueba sistemática así como por ejemplo prueba de activación simultánea de diferentes sistemas o competidores es ventajoso poder tener la prueba automatizada y controlada por ordenador. Por lo tanto, en una realización preferida la unidad supervisora comprende un motor de guion para ejecutar guiones para realizar secuencias de pruebas automatizadas, normalmente mediante la interacción con el motor en tiempo real central.

Sin embargo en algunas situaciones se desea también poder influenciar, es decir manipular, ciertas señales u observar, es decir monitorizar, ciertas señales manualmente. Por lo tanto en algunas realizaciones la unidad supervisora comprende una interfaz de máquina humana que puede proporcionar datos de monitorización de la plataforma de prueba de múltiple cabina de una manera perceptible humana y también puede aceptar entradas humanas para manipular sistemas de tren de prueba mediante la interacción con el motor en tiempo real central. La plataforma de prueba implementa un tren de prueba que comprende los sistemas de tren verdaderos así como los sistemas de tren simulados. Por lo tanto los datos de monitorización entre otros comprenden datos que representan el comportamiento de este tren de prueba.

En una realización preferida la interfaz de máquina humana puede proporcionar datos de monitorización del tren de prueba de múltiple cabina de una manera perceptible humana y que puede aceptar entradas humanas para

manipular los sistemas de tren de prueba mediante la interacción con el motor en tiempo real central. En una realización la interfaz de máquina humana comprende una o más pantallas táctiles para visualizar datos de monitorización y al mismo tiempo aceptar entradas de usuario. Preferentemente la pantalla táctil o las pantallas táctiles proporcionan una capacidad multi táctil. Estas pantallas multitáctiles son capaces de registrar varios toques en diferentes localizaciones que tienen lugar en la pantalla simultáneamente como localizaciones de entrada o trazados separadas. Estas pantallas pueden detectar gestos táctiles para aumentar la comodidad de manejo para el ser humano.

Se prefiere que todos los datos presentes en la tabla de memoria reflectiva puedan monitorizarse y cambiarse mediante la interfaz de máquina humana.

La simulación para el comportamiento de tren completo se lleva a cabo en la unidad supervisora. Aunque toda la simulación de los sistemas de tren de cabina se lleva a cabo en las respectivas unidades de cabina. Por lo tanto, en la realización preferida las unidades de simulación comprenden un motor de simulación de sistema de cabina en tiempo real. Este puede simular mediante software todos los componentes que no están presentes en la respectiva cabina. La interacción con los sistemas físicos y la tabla de memoria reflectiva se lleva a cabo en una realización mediante el motor en tiempo real de la unidad de cabina.

En algunas realizaciones la unidad de simulación comprende al menos un simulador que está al menos parcialmente realizado mediante componentes físicos distintos a un motor en tiempo real.

Dicho espacio de memoria reflectiva compartido por las unidades de cabina y la unidad supervisora comprende todas las señales monitorizadas y todas las señales que pueden manipularse. En una realización preferida el espacio de memoria reflectiva comprende también toda la información de estado, variables de parámetros, etc., que se usa para controlar y configurar los componentes de las unidades de instrumentación y/o sistemas de tren a probar. Esto incluye los sistemas verdaderos completos así como sistemas parcial y completamente simulados.

Las unidades de instrumentación comprenden bastidores de instrumentación así como fuentes de alimentación ininterrumpibles para todos los componentes de la plataforma de prueba que no están presentes en el tren verdadero. La fuente de alimentación ininterrumpible posibilita a la plataforma de prueba en pérdidas de potencia u otros fallos proporcionar el hardware y software para monitorización, manipulación y simulación así como que el sistema de memoria reflectiva en una configuración estable que posibilita un cierre seguro de la instrumentación.

Las unidades de instrumentación comprenden como parte de las interfaces de conexiones cajas de conexiones para llevar a cabo monitorización y manipulación de señales así como interconexión de señales simuladas que no son señales digitales emitidas a un sistema de bus mediante una interfaz del hardware informático. El motor en tiempo real de sistema de cabina implementado en la unidad de instrumentación controla estas cajas de conexiones que comprenden el hardware necesario para espiar las señales que están conectadas a través de la caja de conexiones o para crear una señal y conectarla a la respectiva línea de señal en una situación de manipulación/simulación.

Preferentemente las unidades de instrumentación están configuradas para dejar de proporcionar energía de manera segura a todas las interfaces en caso de una situación de emergencia. De esta manera puede realizarse la seguridad para el personal que trabaja en la plataforma de prueba.

La invención también proporciona un método para probar componentes de tren de cabina verdaderos en un entorno de tren de múltiples cabinas integrado por delante de la producción del primer tren de múltiple cabina verdadero real o sin un tren de cabina múltiple verdadero. El método comprende las etapas de:

proporcionar una plataforma de prueba anteriormente mencionada, en la que los componentes de tren de cabina verdaderos a probar están instalados en las respectivas unidades de cabina de la plataforma de prueba, de manera que al menos algunas de las señales usadas para controlar la funcionalidad de los componentes de tren de cabina verdaderos a probar pueden monitorizarse y/o manipularse mediante la plataforma de prueba y/o al menos algunas de las señales producidas como realimentación o como parte de la funcionalidad proporcionada mediante dichos componentes de tren de cabina verdaderos a probar, pueden monitorizarse, arrancar la plataforma de prueba que incluye los componentes de tren de cabina verdaderos a probar; y manipular o simular al menos una señal de uno de los componentes de tren de cabina verdaderos a probar o de uno cualquiera de los componentes de tren simulados mediante una de las unidades de cabina mediante la unidad supervisora cambiando al menos una entrada de memoria en el espacio de memoria reflectiva.

En una realización la manipulación se lleva a cabo mediante la ejecución de un guion en hardware de la unidad supervisora.

Se prefiere que al menos las señales monitorizadas se graben en tiempo real en la unidad supervisora. Esto puede hacerse por ejemplo almacenando cambios para señales monitorizadas juntas con indicaciones de tiempo que documentan el tiempo del cambio. Preferentemente también la información de estado así como las señales de manipulación se graban en tiempo real. Esto posibilita la reconstrucción completa de eventos para evaluar los

resultados de prueba.

Algunos de los componentes de la cabina como una mesa de controlador en una unidad de habitáculo comprenden accionadores para controlar y/o dirigir otros componentes de tren. Para posibilitar ciertas pruebas y/o entrenamiento de controlador, etc., se desea poder aceptar entradas mediante estos accionadores en una de las unidades de cabina y, como alternativa, las entradas creadas en la unidad supervisora, mediante cualquiera de entrada manual mediante la interfaz de máquina humana o mediante simulación automática y/o manipulación realizada mediante un motor de guion. Por lo tanto, en una realización al menos una unidad de cabina comprende al menos un accionador para influenciar el comportamiento de al menos un componente de tren en un tren verdadero, y en el que la interfaz de conexiones de la respectiva unidad de cabina está configurada para activar o desactivar de manera alternativa una entrada de señal de dicho al menos un accionador, y en el que la interfaz de conexiones está configurada adicionalmente para crear una señal de entrada equivalente bajo el control de la unidad supervisora como una modificación, cuando la entrada de accionador está desactivada.

En una realización el componente de tren puede comprender una interfaz de máquina humana visual realizada mediante una pantalla táctil por ejemplo. Para posibilitar que las manipulaciones no se noten por la persona en esta interfaz de máquina humana de componente de cabina, la interfaz de máquina humana de un componente de tren verdadero se modifica mediante un componente de software para posibilitar entradas manipuladas en la interfaz de máquina humana de la unidad de cabina mediante la unidad supervisora.

En una realización la localización, desde la que puede ejecutarse la dirección/control de ciertas funciones operacionales, puede cambiarse desde la unidad supervisora a los medios operacionales de una mesa de control en una de las unidades de cabina, en el que las funciones de visualización que indican el estado de los componentes de tren reales o sistemas simulados pueden visualizarse en paralelo en la interfaz de máquina humana del supervisor y en una interfaz de máquina humana de la mesa de control.

Breve descripción de los dibujos

- La Figura 1 muestra una vista general de una plataforma de prueba;
- La Figura 2 muestra un concepto esquemático de flujo de información en la plataforma de prueba usando un sistema de memoria reflectiva;
- La Figura 3 muestra una arquitectura de plataforma de prueba que ilustra la distinción entre los componentes de plataforma de prueba y componentes de tren a probar;
- La Figura 4, 4a muestra una ilustración esquemática de una plataforma de prueba para un tren de ocho cabinas y una sección ampliada del mismo, respectivamente;
- La Figura 5 ilustra la arquitectura de software de plataforma de prueba desde los componentes de instrumentación de plataforma hasta la interfaz de conexiones a los componentes de tren a probar;
- La Figura 6 muestra un modelo funcional de una caja de conexiones usada para adaptación de señal;
- La Figura 7 representa diferentes modos de prueba que pueden usarse en la plataforma de prueba; y
- La Figura 8 muestra un concepto funcional de una caja de conexiones usada para aceptar entradas de manera alternativa desde un accionador de tren verdadero o la unidad supervisora.

Descripción detallada de la invención

La Figura 1 muestra la vista general de una plataforma de prueba de tren ferroviario de múltiples cabinas 101. La plataforma de prueba 101 está adaptada a un tren que comprende ocho cabinas. La plataforma de prueba 101 está estructurada por lo tanto en 8 unidades de cabinas 111 a 118. Los pictogramas 1 a 8 representan cada uno los respectivos sistemas de tren de cabina comprendidos por la cabina de tren de producción representada mediante la respectiva unidad de cabina 111 a 118. Por ejemplo el pictograma 1 de la unidad de cabina 111 representa todas o al menos una mayoría de los componentes de tren funcionales más importantes operacionales relacionados con la seguridad asociados con la primera cabina del tren de producción. Por ejemplo esta primera cabina comprende entre otros sistemas de tren de cabina una mesa de control, sistemas de freno, sistemas de puerta, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), componentes de sistema de control y gestión de tren (TCMS), solo por nombrar unos pocos. Estos componentes que se incluyen en la prueba integrada a realizar mediante la plataforma de prueba 101 se representan para la unidad de cabina 111 mediante el pictograma 1. El pictograma 2 representa en consecuencia los sistemas de tren de cabina de la unidad de cabina 112 que representan la segunda cabina del tren de producción verdadero y así sucesivamente.

Además de los sistemas de freno, sistemas de puerta, sistemas de HVAC, y componentes de TCMS la segunda cabina comprende también un pantógrafo pero por ejemplo ninguna mesa de control. Por lo tanto las diferentes

cabinas del tren ferroviario de producción pueden diferenciarse entre sí. De la misma manera las unidades de cabina 111 a 118 se diferencian para representar correctamente la cabina de tren de producción asociada con ellas.

Todas las cabinas están interconectadas mediante un sistema de comunicación 136 que comprende sistemas de bus, alambres, etc., para distribuir señales y potencia. Todas estas interconexiones se denominan en este punto como el sistema de comunicación 136. En el tren de producción verdadero el sistema de comunicación interconecta los diferentes sistemas y componentes de tren. Es decir distribuye señales y potencia en el tren. El sistema de comunicación 136 sirve el mismo fin en la plataforma de prueba también.

Las interfaces de conexiones entre los componentes de plataforma de prueba y el componente de tren verdadero (representado mediante los pictogramas 1 a 8) están localizadas en este sistema de comunicación 136, que es un propio sistema de tren. Se señala que el sistema de comunicación es un componente de tren verdadero también. Sin embargo, la plataforma de prueba modifica este sistema de tren proporcionando los componentes de interfaz de conexiones físicas para poder espiar, manipular y/o simular señales. Para distinguir los componentes recién usados para probar de aquellos componentes presentes en un tren de producción verdadero real los componentes usados para probar únicamente se denominarán en este punto como componentes de plataforma. Los componentes a probar que se encuentran en el tren de producción verdadero real se denominarán como componentes de tren. Debería destacarse en esta etapa que algunas realizaciones de la plataforma de prueba, cuando realizan prueba verdadera de los componentes de tren, evidentemente comprenden componentes de tren. Sin embargo, estos componentes se tratarán como componentes de tren. También los componentes que se realizan mediante simulación en las respectivas unidades de cabina de la plataforma de prueba se denominan como sistemas de tren.

Cada unidad de cabina comprende una unidad de instrumentación 121 a 128. Esta unidad de instrumentación representa todos los componentes de plataforma asociados con la respectiva cabina o unidad de cabina 111 a 118. Como se explicará en mayor detalle a continuación las unidades de instrumentación 121 a 128 proporcionan las interfaces de conexiones para acoplar el sistema de comunicación 136 con los componentes de tren a probar. Estas interfaces de conexiones se usan para monitorizar, es decir espiar una señal, manipular una señal, es decir forzar un cierto estado de señal proporcionado mediante los componentes de plataforma de prueba, independientemente del estado de señal presente verdadero que proporcionan los componentes de tren, y/o para simular señales, es decir forzar estados de señal proporcionados mediante los componentes de plataforma de prueba en caso de que los componentes de tren verdaderos reales no estén presentes en la plataforma de prueba. Las unidades de instrumentación 121 a 128 comprenden todos los componentes necesarios para realizar la monitorización, manipulación y simulación en la respectiva unidad de cabina 111 a 118.

Toda la prueba se controla de manera central. Los componentes necesarios para este fin se proporcionan mediante una unidad supervisora 119. La unidad supervisora 119 proporciona hardware, especialmente hardware informático 270, para realizar al menos una interfaz de máquina humana, y memoria 192 para almacenar datos de prueba en una base de datos de registros 454, especialmente datos de monitorización, pero también datos de configuración en una base de datos de gestión de configuración 452 y otros datos técnicos 458. Adicionalmente el hardware puede controlar prueba automatizada por ejemplo ejecutando guiones de prueba 459. Por lo tanto, la unidad supervisora 119 comprende hardware par un simulador central 460 que interconecta con sistemas operativos en tiempo real para permitir ejecución de guiones de prueba automatizados, combinado con la simulación en tiempo real de comportamiento del entorno del tren completo. En una realización las rutinas de prueba automatizadas se ejecutan en ordenadores con sistemas operativos no en tiempo real. Estos pueden equiparse por ejemplo con sistemas operativos comunes para ordenadores personales y/o estaciones de trabajo (por ejemplo con un sistema operativo de la familia de sistemas operativos comercializados por Microsoft, Inc. bajo la marca comercial "Windows"). En esta realización la interfaz de máquina humana está también controlada mediante ordenadores de sistema operativo no en tiempo real. Un motor de guion de prueba puede proporcionarse también y ejecutarse en un ordenador usando un sistema operativo no en tiempo real.

Un sistema de memoria reflectiva 137 se usa para intercambiar cualquier dato entre componentes de plataforma de prueba de las diferentes unidades de cabina 111 a 118 ellas mismas así como para intercambiar datos entre estos componentes de plataforma de las unidades de cabina 111 a 118 y la unidad supervisora 119.

El concepto de memoria reflectiva usado se explicará en más detalle con referencia a la Figura 2. La Figura 2 muestra un concepto esquemático de flujo de información en la plataforma de prueba usando un sistema de memoria reflectiva 137. Existe un espacio de memoria 220. Este espacio de memoria 220 se divide en los subespacios 221 a 228 asignados a cada una de las unidades de cabina 111 a 118. En estos subespacios 221 a 228 se graban todos los datos asociados con la respectiva unidad de cabina 111 a 118, es decir todas las señales monitorizadas se almacenan aquí. Además, los parámetros para las interfaces de conexiones con los componentes de tren así como de los componentes de plataforma de prueba se graban aquí. Algunos parámetros pueden codificarse en software de modelo de simulador ejecutado en los ordenadores de sistema operativo en tiempo real en las respectivas unidades de cabina 111 a 118. La instrucción desde la unidad supervisora 119 a una cualquiera de las unidades de cabina 111 a 118 se transfiere escribiendo datos a una localización de memoria designada para el intercambio de tales instrucciones. En algunas realizaciones puede haber un subespacio para información común que no es específico para una cabina. Este subespacio podría asignarse a la unidad supervisora. Debería apreciarse

que la asignación de subespacios conduce a un espacio de memoria bien estructurado. Normalmente se asigna únicamente la respectiva la unidad de cabina 111 a 118 a un cierto subespacio 221 a 228 y la unidad supervisora 119 accederá a este cierto subespacio 221 a 228 en modo de escritura. Normalmente incluso en modo de lectura únicamente estas dos entidades accederán al respectivo subespacio. Por ejemplo, el subespacio 221 asignado a la unidad de cabina 111 se accederá mediante los componentes de la unidad de cabina 111 y mediante el componente de la unidad supervisora 119 únicamente. Sin embargo, en principio todas las unidades 111 a 119 pueden acceder al mismo espacio de memoria. Es también ventajoso organizar los subespacios 221 a 228 de tal manera que exista una sección de escritura de unidad de cabina 221-cuw a 228-cuw y una sección de escritura de supervisor 221-suw a 228-suw. De esta manera es posible conseguir que cada localización de memoria se escriba por única entidad.

Físicamente el sistema de memoria reflectiva 137 se realiza proporcionando "copias idénticas" del espacio de memoria en forma de las tablas de memoria 231 a 239. Estas se mantienen en componentes de sistema de memoria reflectiva locales 241 a 249. Estos componentes de sistema de memoria reflectiva locales 241 a 249 están conectados en un bucle 260 mediante un cable óptico 261. Tan pronto como una de las diferentes unidades de cabina 111 a 118 o la unidad supervisora 119, es decir uno de los respectivos componentes de las unidades de cabina 111 a 118 o la unidad supervisora 119 escribe en cualquier localización de memoria en el espacio de memoria compartido 220, la respectiva tabla de memoria 231 a 239 se cambia. El sistema de memoria 137 está diseñado para mantener todas las tablas de memoria 231 a 239 síncronas con el menor retardo posible.

Se supone por fines de explicación únicamente que, por ejemplo, la unidad de cabina 112 que representa la segunda cabina en el tren de producción verdadero está escribiendo en su respectivo subespacio 222 del espacio de memoria 220 en la tabla de memoria local 232. Esta tabla de memoria 232 se mantiene en el componente de sistema de memoria reflectiva local 242 en la unidad de cabina 112. Tan pronto como el componente de sistema de memoria reflectiva local 242 detecta el acceso de escritura en la tabla de memoria local 232 comunica el cambio de memoria mediante el bucle óptico 260 al siguiente componente de sistema de memoria reflectiva local 243 en línea. Esto actualiza su propia copia local del espacio de memoria 220, es decir su tabla de memoria local 232 y también comunica el cambio al siguiente componente de sistema de memoria reflectiva local 244 en línea. De esta manera el cambio, o más correctamente, la información acerca del cambio viaja en el bucle hasta que alcanza el componente de sistema de memoria reflectiva local 242 en el que se realizó originalmente el cambio. Este componente de sistema de memoria reflectiva local 242 elimina la información de cambio desde el flujo de información pasado en el bucle 260 desde el componente local 241 a 249 al componente local 241 a 249.

Se apreciará por un experto en la materia que sería posible tener dos o más copias locales del espacio de memoria reflectiva 220 en una unidad de cabina 111 a 118 o la unidad supervisora 119. Esto puede ser ventajoso cuando ciertos componentes de tren a probar tienen que localizarse separados entre sí, por ejemplo, debido a razones de seguridad.

Normalmente los componentes físicos del sistema de memoria reflectiva que se asignaron a una unidad de cabina 111 a 118 están localizados en la respectiva unidad de instrumentación 121 a 128, que normalmente comprende uno o más bastidores. Por lo tanto las unidades de instrumentación 121 a 128 comprenden y proporcionan la interfaz entre la respectiva unidad de cabina 111 a 118 y la unidad supervisora 119.

La Figura 3 representa la arquitectura de hardware de la plataforma de prueba de una manera esquemática. De las múltiples unidades de cabina únicamente se representan tres. El hardware de las unidades supervisoras 119 comprende al menos un ordenador 270 que puede albergar un sistema operativo en tiempo real (RTOS) y dispositivos de entrada y salida adicionales para realizar una interfaz de máquina humana. Preferentemente la interfaz de máquina humana comprende hardware informático para realizar un menú visual orientado a interfaz de máquina humana que puede visualizar toda la señal monitorizada y aceptar entradas para manipular todas las señales manualmente que puedan manipularse. En una realización esta interfaz de máquina humana comprende al menos una pantalla táctil 280. Además, en caso de que los parámetros puedan establecerse para ciertos sistemas o componentes, una unidad supervisora de acuerdo con una realización preferida comprende la interfaz de máquina humana configurada para posibilitar cambios manuales también. Además la unidad supervisora 119 comprende preferentemente hardware informático para introducir o ejecutar código. Este hardware sirve como terminal para un motor en tiempo real, como terminal para un motor simulador, y/o como un motor de guion que ejecuta procedimientos de prueba automatizados en una realización. Además, se proporciona hardware para almacenar resultados de prueba, datos técnicos, datos de configuración y documentación. La unidad supervisora comprende también en algunas realizaciones interfaces para distribuir los datos de prueba recogidos a otros ordenadores, por ejemplo, mediante una red informática, etc. El componente de sistema de memoria reflectiva local 249 está conectado con el hardware que puede albergar un sistema operativo en tiempo real. El componente de sistema de memoria reflectiva local 249 enlaza la unidad supervisora 119 a las diferentes unidades de cabina 111 a 113 mediante el sistema de memoria reflectiva 137.

Las unidades de cabina representadas 111 a 113 comprenden una unidad de instrumentación 121 a 123 cada una. Las unidades de instrumentación 121 a 123 comprenden uno o más bastidores de instrumentación 321-1 a 323-3. En el ejemplo representado cada unidad de instrumentación, por ejemplo, comprende tres bastidores de instrumentación 321-1 a 321-3. La unidad de instrumentación 121 de la unidad de cabina 111 por ejemplo comprende los bastidores de instrumentación 321-1, 321-2 y 321-3.

- Estos bastidores de instrumentación 321-1 a 321-3 de la unidad de cabina 121 comprenden como los componentes de plataforma de prueba, por ejemplo, el respectivo componente de sistema de memoria reflectiva local 241 y el hardware informático 271 para albergar un sistema operativo en tiempo real. En este hardware informático 271 se ejecuta el motor en tiempo real que gestiona el acceso a la tabla de memoria reflectiva 231. Debería señalarse que
- 5 estos motores en tiempo real de las unidades de cabina están completamente separados del propio sistema de memoria reflectiva 137 y solamente controlan las operaciones de lectura y escritura en las tablas de memoria reflectivas 231 a 233. Las propias tablas de memoria reflectiva 231 a 233 se usan como memoria de acceso aleatorio normal mediante los respectivos motores en tiempo real.
- 10 Las unidades de instrumentación 121 a 123 proporcionan todo el hardware incluyendo las interfaces de conexiones 331-333 para monitorizar las señales, para manipular las señales, o para simular señales en el sistema de comunicación 136.
- 15 Estas interfaces de conexiones 331 a 333 comprenden diferentes componentes. Cada unidad de cabina comprende al menos un bloque de terminal 351 a 353 para interconectar físicamente las líneas de señal, alambres, etc., del sistema de comunicación 136. Estos bloques terminales se usan para fines de encaminamiento. Es decir las líneas de señal del sistema de comunicación están conectadas a las líneas de señal de los otros componentes de tren verdaderos 401 a 407 presentes en las respectivas unidades de cabina 111 a 119.
- 20 En caso de cualquier realización de espionaje y/o manipulación de señales que provenga de o se pretenda dirigir a cualquier componente de tren verdadero 401 a 407 una denominada caja de conexiones está interconectada en la trayectoria de señal entre la línea de comunicación del sistema de comunicación 136 y la línea de señal a y/o desde el componente de tren verdadero. Pueden encaminarse líneas de señal adicionales de componentes de tren mediante el bloque de terminal 351 a 353 de la respectiva unidad de cabina 111 a 113 para posibilitar
- 25 encaminamiento "extra" mediante las cajas de conexiones para espionaje y/o manipulación.
- En algunos casos la distinción entre líneas de señal o alambres del sistema de comunicación y líneas de señal o alambre de un componente de tren es difícil. Independientemente de esta distinción el espionaje y manipulación puede realizarse en ambos casos con el mismo tipo de estructura de hardware y software.
- 30 Para monitorización y manipulación y para interconectar señales simuladas se proporcionan dichas denominadas cajas de conexiones 341-1 a 341-3, 342-1 a 342-3, 343-1 a 343-3. El número varía de acuerdo con las señales y/o componentes de cabina verdaderos 401 a 406 en los que se va a llevar a cabo espionaje, manipulación y/o simulación de señal. Tales cajas de conexiones pueden usarse también para proporcionar señales físicas que se
- 35 simulan en la respectiva unidad de cabina 111 a 113 en respectivos alambres del sistema de comunicación 136. Las señales de bus espiadas, manipuladas o simuladas normalmente pueden capturarse o proporcionarse respectivamente mediante un módulo de interfaz normalizado para el respectivo bus. Tales interfaces se denominan interfaces de bus de conexiones. En algunos casos de manipulación de señales de bus, las cajas de conexiones pueden ser necesarias para "sustituir" las señales originales proporcionadas mediante la señal manipulada.
- 40 Las cajas de conexiones 341-1 a 348-j (siendo j un número natural para contar el terminal de conexiones de la unidad de cabina 118) así como los bloques terminales de conexiones 351 a 358 pueden considerarse como parte de las respectivas interfaces de conexiones 331-338, mediante las cuales los componentes de tren así como los componentes simulados están conectados al sistema de comunicación 136, es decir los buses y alambres etc.
- 45 La monitorización se lleva a cabo de una forma tal que es completamente transparente al sistema de tren probado. Es decir el sistema no se ve influenciado por la acción de monitorización. En caso de manipulación esta se hace de una manera que los componentes de sistema no pueden detectar que la señal no se está derivando desde el componente que se supone que suministra la respectiva señal, además se puede detectar una señal fuera de
- 50 especificación. Tales señales fuera de especificación se proporcionan intencionadamente para inducir un modo degradado o un modo de fallo. Todo el espionaje y la manipulación se llevan a cabo en las interfaces de conexiones 331 a 333 proporcionadas mediante las respectivas unidades de instrumentación 121 a 123. En caso de que se haya de espiar una señal o se haya de manipular estas acciones se llevan a cabo a través de una de las cajas de conexiones 341-1 a 343-j. Una caja de conexiones de este tipo se explica a continuación en mayor detalle. La
- 55 conexión verdadera a los componentes de tren verdaderos a probar se establece mediante cajas de conexiones especializadas 341-1 a 343-3 y los bloques terminales de conexiones 351 a 353. Por lo tanto, los conectores originales de los componentes de tren verdaderos, en caso de que existiera alguno, pueden usarse en los bloques terminales de conexiones 351 a 353 de las interfaces de conexiones 331 a 333 proporcionadas mediante las respectivas unidades de instrumentación 121 a 123. Los bloques terminales de conexiones 351 a 353 se configuran
- 60 preferentemente para aceptar enchufes o conectores verdaderos en caso de que los componentes de cabina verdaderos 401 a 406 estén equipados con cualquier tipo de enchufes o conectores en sus líneas y/o alambres de señal.
- El sistema de comunicación 136 que es preferentemente un componente de tren verdadero o al menos
- 65 funcionalmente construido idéntico y más preferentemente también estructurado físicamente idéntico está conectado a las interfaces de conexiones 331 a 333 mediante las cajas de conexiones 341-1 a 343-3 y mediante interfaces de

bus de conexiones normalizadas 381 a 383 usadas para espiar y/o manipulación de buses del sistema de comunicación 136. En algunos casos las cajas de conexiones pueden usarse también para espiar en líneas de comunicación realizadas como sistema de bus en serie y/o paralelo.

Entre los componentes o sistemas de tren verdaderos 400 probados en una realización está el sistema de control y gestión de tren (TCMS) 401, el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) 402 o subcomponentes como el bastidor de control HVAC y el respectivo módulo de bar o módulo de habitáculo, sistemas de freno 403, sistemas de pantógrafo 404, sistemas de fuente de alimentación 405 como el cargador de batería y las baterías, la mesa de control 406, el sistema de puerta 407. Otros sistemas que pueden estar presentes en otras realizaciones pueden comprender el sistema de detección de fuego, el sistema de control de vagoneta, sistemas de baño, puertas automáticas internas, sistemas de entretenimiento, sistemas de intercomunicaciones, iluminación general, sistemas relacionados con señales de tráfico solo por nombrar unos pocos. Debería apreciarse que puede probarse cualquier número y combinación de componentes de tren verdaderos. Algunos o todos los componentes que no estén presentes pueden simularse. La simulación puede llevarse a cabo en software y/o en una combinación de software y hardware. Es posible también aumentar los componentes de tren verdaderos con componentes de simulación de hardware y/o software para realizar sistemas equivalentes a los componentes de tren verdaderos.

La Figura 3 muestra que las interfaces de conexiones 331-333 y más precisamente las cajas de conexiones 341-1 a 343-3, y las interfaces de bus de conexiones 381 a 383 constituyen la línea de división con respecto al hardware entre los componentes de tren 400 y los componentes de plataforma 102. Las cajas de conexiones 341-1 a 343-3 pueden estar localizadas parcialmente o todas físicamente en los bastidores de componente de tren, etc., incluso aunque se considere que son parte de las interfaces de conexiones 331 a 333 y por lo tanto de las unidades de instrumentación 121 a 123. Las líneas de señal y control 300 conectan las cajas de conexiones 341-1 a 343-3 a la informática 271 a 273 en la que se ejecuta los motores en tiempo real de la unidad de cabina 361 a 363.

En una realización representada en la Figura 4 se realiza una plataforma de prueba para un tren de ocho cabinas. La plataforma de prueba 101 comprende un conjunto preseleccionado de componentes reales 400. Estos componentes están configurados funcionalmente idénticos al tren de producción. Los componentes de tren verdaderos 400 instalados comprenden el alambrado, interbloqueo, tuberías (si por ejemplo el control de freno se maneja neumáticamente) del sistema de comunicación 136, y los sistemas de control y gestión de tren 401 para todas las ocho cabinas. La instalación es funcionalmente idéntica al tren de producción, excepto donde sea imposible realizar a esfuerzo razonable. Por ejemplo los cables y tuberías se acortan para evitar cables holgados o excesos de longitud. Los componentes en cada cabina así como las propias cabinas están interconectados mediante el sistema de comunicación 136 en una configuración funcionalmente idéntica al tren de producción, excepto donde sea imposible realizar a un esfuerzo razonable. El alambrado que incluye buses, la fuente de alimentación y tuberías, así como alguna funcionalidad basada en relé básica integrada en el alambrado se denominará como el sistema de comunicación 136. Como se ha establecido anteriormente un sistema de comunicación 136 se denomina algunas veces sistema de control de tren convencional (OTC).

Las unidades de instrumentación 121 a 128 comprenden bastidores de instrumentación 321 a 328. Estos bastidores de instrumentación 321 a 328 comprenden, entre otras cosas, el hardware requerido para que las interfaces de conexiones 331 a 338 conecten el alambrado e interconexión de bus del sistema de comunicación 136 con los componentes de tren verdaderos 400. Los bastidores de instrumentación 321 a 328 comprenden también el hardware 271 a 278 que alberga los motores en tiempo real de la unidad de cabina 361 a 368. Estos están controlando las cajas de conexiones 341-1 a 348-k para espiar señales y para manipular señales en las respectivas cajas de conexiones 341-1 a 348-k. Los motores en tiempo real de la unidad de cabina 361 a 368 pueden leer y escribir en la respectiva tabla de memoria 231 a 238 albergada en los respectivos componentes de sistema de memoria reflectiva locales 241 a 248 del sistema de memoria 137. Por lo tanto, cada unidad de instrumentación 121 a 128 comprende un componente de sistema de memoria reflectiva local 241 a 248. El sistema de memoria reflectiva 137 se usa como el "esqueleto" para el intercambio de información entre los componentes de plataforma de las unidades de instrumentación 121 a 128 y la unidad supervisora 119.

El fin de las unidades de instrumentación 121 a 128 y los bastidores de instrumentación 321 a 328 es simular las señales de sistema a nivel de cabina y proporcionar las siguientes funciones principales:

- comunicar el estado con todas las otras unidades de instrumentación 121 a 128 y bastidores y la unidad supervisora 119 usando el sistema de memoria reflectiva 137;
- ejecutar software de simulación en un sistema operativo en tiempo real (RTOS);
- proporcionar las interfaces de conexiones eléctricas 331 a 338 (entradas/salidas físicas y buses) con interfaces físicas en forma de las cajas de conexiones 341-1 a 348-k, interfaces informáticas de conexiones 391 y las interfaces de bus de conexiones 381 a 388 para interconectar los sistemas de tren 400 y el sistema de comunicación 136;

- proporcionar una fuente de alimentación ininterrumpible (UPS) para permitir a las unidades de instrumentación y bastidores proporcionar las interfaces eléctricas a una configuración predefinida antes del cierre durante un corte de potencia;

- 5 - proporcionar un mecanismo de apagado de emergencia para dejar de suministrar energía de manera segura a todas las interfaces de conexiones eléctricas 331 a 338.

Los sistemas de tren 400 instalados o incorporados en una plataforma de prueba presentan una selección estratégica de los sistemas de tren de producción. Dependiendo de los objetivos de los programas de prueba a llevar a cabo, pueden instalarse diferentes sistemas de tren. Las señales de los sistemas de tren que no están instaladas se simulan cuando se requiera para conseguir los objetivos del programa de prueba.

Como un ejemplo, la plataforma de prueba representada en la Figura 4 comprende los componentes de los siguientes sistemas de tren:

- Sistema de control y gestión de tren (TCMS) 401. Todos los componentes requeridos para el tren de producción están instalados en todas las unidades de cabina 111 a 118;

- mesa de control 406: está instalada una mesa de control 406 de una cabina de extremo; la segunda de la segunda cabina de extremo está simulada únicamente.

- pantógrafo 404: para ambos pantógrafos 404 del tren, están instalados los ordenadores de tren de producción, pero se usa un simulador electro-neumático para simular los componentes desde los brazos elevadores del pantógrafo.

- sistemas de HVAC 402: está instalado el armario de control de HVAC del tren de producción desde una cabina así como la unidad de habitáculo de HVAC del tren de producción. La unidad de bar de HVAC está simulada.

- el sistema de detección de fuego: las señales del sistema de detección de fuego están simuladas; no están instalados componentes de tren de producción.

- sistema de monitorización de vagoneta: las señales del sistema de monitorización de vagoneta están simuladas; no están instalados componentes de tren de producción.

- Sistemas de freno 403: se usan para 4 cabinas los componentes del tren de producción del sistema de frenos 403, excepto para algunos componentes que están simulados en su lugar mediante componentes electro-neumáticos. Los componentes electro-neumáticos simulan el comportamiento de los componentes faltantes. Por ejemplo las pinzas de freno están simuladas. El sistema de freno para las restantes 4 cabinas está simulado por completo.

- Sistemas de puerta 407: está instalado un sistema de puerta de tren de producción 406 para una de las veintiséis puertas. Las restantes 25 puertas están simuladas.

La unidad supervisora 119 representa la interfaz de usuario de la plataforma de prueba, desde la que puede realizarse prueba manual y automatizada. La unidad supervisora 119 comprende en esta realización:

- una interfaz de máquina humana (HMI) 451 desde la que pueden monitorizarse y manipularse señales;

- una base de datos de gestión de configuración 452 que comprende software y datos para gestionar la configuración de la plataforma de prueba 101;

- una aplicación de guiones de prueba o motor de guion de prueba 453 para permitir ejecución de prueba automatizada, por ejemplo usando un guion de prueba,

- una base de datos de registros 454, donde se almacenan todas las señales y datos desde la ejecución de prueba;

- un simulador 455, que ejecuta modelos de simulación globales, que se aplican a todas las cabinas, en contraste a las simulaciones llevadas a cabo en las diferentes unidades de cabina 111 a 118, que ejecutan modelos de simulación local que se aplican únicamente a la respectiva unidad de cabina (cabina de producción representada).

El fin de la unidad supervisora 119 es simular el entorno global y estado de tren en la plataforma de prueba 101, y proporciona las siguientes funciones principales:

- registro del estado del tren en señales instrumentadas en la base de datos de registros 454;

- configurar el tren con un gestor de configuración (por ejemplo: número y orden de cabinas, configuración de bastidores de instrumentación...);

- prueba automática usando el motor de guion 453;

- simular el comportamiento por todo el tren global y condiciones del entorno;

- dirección de todas las otras unidades de instrumentación 121 a 128 y bastidores de instrumentación 321 a 328 usando un sistema de memoria reflectiva 137;

- monitorizar el estado de todos los otros bastidores de unidades de instrumentación usando el sistema de memoria reflectiva 137;

El objetivo principal de la plataforma de prueba se describe en el TCMS (Sistema de Control y Gestión de Tren) 401, el sistema de comunicación 136 con sistema de OTC (control de tren convencional) de funcionalidad mejorada, el sistema de freno 403, el sistema de puerta 407, la mesa de control 406, la fuente de alimentación (batería y cargadores de batería) 405, los pantógrafos 404, y el sistema de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) 402. Para complementar los componentes faltantes se usan los motores de modelo de sistema 371 a 378 para simularlos.

La plataforma de prueba no puede usarse únicamente para minimizar el riesgo de desarrollo probando sistemas completamente integrados frente a requisitos de cliente con suficiente antelación del primer tren de producción de prueba dinámico, sino también para realizar verificación de prueba avanzada frente a las especificaciones de diseño del vehículo funcionales (FVDS), que incluyen modos normales, modos degradados y modos de fallo. Una gran parte del programa de prueba está basado en prueba negativa funcional y prueba de robustez de diseño.

La Figura 4a muestra una sección ampliada de la interfaz de conexiones 331 de la unidad de cabina 111. Puede observarse en detalle que las líneas de señal de los componentes de tren 401, 402, 406, 407 están conectadas al sistema de comunicación 136 mediante el bloque terminal de conexiones 351 y la respectiva caja de conexiones 341-1 a 341-4. Además de poder espiar en señales de sistema internas, por ejemplo, una señal de botón de pulsación que pertenece directamente al sistema de puerta 407 las líneas de señal 421, 422 están conectadas a una caja de conexiones 341-5 mediante el bloque terminal de conexiones 351. En este caso la caja de conexiones 341-5 no está conectada al sistema de comunicación 136 ya que las líneas de señal 421, 422 se considera que son partes del sistema de puerta y no del sistema de comunicación 136.

Además el sistema de puerta 407 está conectado al sistema de comunicación en este ejemplo mediante la interfaz de bus de conexiones 381. Debería entenderse, que los otros sistemas de cabina 401, 402, 406 podrían también estar conectados adicionalmente o como alternativa a las cajas de conexiones 341-1 a 341-4 al sistema de comunicación 136 mediante las interfaces de bus de conexiones o interfaces informáticas de conexiones.

En esta ampliación además las líneas de señal y de control 300 se muestran que conectan las cajas de conexiones 341-1 a 341-5 y la interfaz de bus de conexiones 381 con el ordenador 271 en el que se ejecuta el motor en tiempo real de unidad de cabina 361. En la mayoría de las otras figuras excepto la Figura 3 estas líneas de señal y de control 300 no se muestran para no oscurecer las figuras.

Con respecto a la Figura 5 se explicará la arquitectura de software de una realización. La Figura 5 muestra la arquitectura de software de la unidad supervisora así como la arquitectura de software de una unidad de cabina. El software de los sistemas de tren verdaderos probados que no están simulados no se muestra.

El alcance del software supervisor es proporcionar la interfaz de máquina humana para permitir acceso a los datos de plataforma de prueba y funcionalidades desde una única ubicación. El software supervisor incluye las siguientes capacidades:

- un motor de guion 453 permite la ejecución automatizada de guiones para realizar secuencias de pruebas automatizadas. Este motor de guion genera automáticamente un informe con los resultados de la ejecución de prueba;

- una interfaz de máquina humana supervisora (HMI) 456 permite acceso a los datos de plataforma de prueba y permite la operación manual de la plataforma de prueba y manipulación de todas las variables;

- un motor de modelo de entorno de tren 457 se usa para ejecutar algoritmos en tiempo real para simular el comportamiento por todo el tren (tal como velocidad y aceleración). Los resultados de estos algoritmos se usan en simulaciones a nivel de cabina y a nivel de sistema.

- una base de datos de supervisor (no mostrada) se usa para almacenar las señales monitorizadas de la plataforma de prueba y resultados de prueba.

- para leer desde y escribir en una tabla de memoria reflectiva 239, que es una copia del espacio de memoria 220 compartido entre todos los sistemas conectados (unidad supervisora 119 y unidades de cabina 111 a 118). Cada sistema informático conectado puede leer o escribir directamente en este espacio de memoria. La tabla de memoria reflectiva del supervisor 239 y las tablas de memoria reflectiva de las unidades de cabina 231 a 238 comunican a través de una red de fibra óptica a alta velocidad 260 en una configuración en anillo.

- un motor en tiempo real central de supervisor 369 permite la coordinación de información que proviene desde el motor de guion 453, la HMI supervisora 456, el motor de modelo de entorno del tren 457, la base de datos de supervisor (no mostrada) y la tabla de memoria reflectiva 239.

El alcance del software en las unidades de instrumentación (se muestra únicamente la unidad de instrumentación 121) es para desplegar en el nivel de cabina, comandos de procesos e instrucciones que provienen desde la unidad supervisora 119 y otras unidades de instrumentación (no mostradas) y para gestionar la interfaz de conexiones de hardware 331 de la unidad de instrumentación 121. El software de la unidad de instrumentación proporciona las siguientes capacidades:

- un motor de modelo de sistema de cabina 371 se usa para ejecutar algoritmos en tiempo real para simular el comportamiento específico del sistema de componentes de tren únicamente simulados. Los resultados de estos algoritmos se emiten directamente a los componentes de tren verdaderos 400 a través del sistema de comunicación 136 o se envían de vuelta a la unidad supervisora 119 a través del sistema de memoria reflectiva 137.

- la capacidad para leer desde y escribir en una tabla de memoria reflectiva 231, que es una copia del espacio de memoria 220 compartido entre todos los sistemas conectados (unidad supervisora 119 y unidades de cabina 111 a 118, es decir las unidades de instrumentación 121 a 128). Cada sistema informático conectado puede leer o escribir directamente en este espacio de memoria reflectiva 220. La tabla de memoria reflectiva de la unidad supervisora 239 y la tabla de memoria reflectiva de la unidad de instrumentación 231 comunican a través de una red de fibra óptica a alta velocidad 260 en una configuración en anillo.

- un motor en tiempo real de unidad de cabina 361 permite la coordinación de información que proviene desde la tabla de memoria reflectiva 231, el motor de modelo de entorno del tren 371 y las interfaces de conexiones de hardware 331.

- El motor en tiempo real de unidad de cabina puede controlar las señales en la interfaz de conexiones 331 que comprende una interfaz de hardware de caja de conexiones 341-1 para recibir señales desde el sistema de comunicación 136 y otra caja de conexiones 341-2 para emitir señales al sistema de comunicación 136. Mediante esto la interfaz de conexiones 331 interconecta mediante sus cajas de conexiones a través del sistema de comunicación 136 con los componentes de tren verdaderos 400 a probar y/o sistemas simulados al menos parcialmente en hardware.

La interfaz de conexiones entre los componentes de tren verdaderos o sistemas simulados y el sistema de comunicación comprende cajas de conexiones como se ha mencionado anteriormente. La conexión verdadera a un componente de tren se realiza mediante bloques terminales especializados. La conexión entre el sistema de comunicación es decir el alambrado y/o el bus o buses se realiza mediante las cajas de conexiones que se realizan de acuerdo con las necesidades específicas. Diferentes tipos de señales necesitan diferentes tipos de manejo. En ciertas líneas de conexión únicamente se deseará espionaje. En otras líneas se deseará espionaje y/o manipulación. Por lo tanto, se realizan diferentes modelos de adaptación de señal en las cajas de conexiones 341 a 348. Las cajas de conexiones comprenden el alambrado, relés y otra electrónica para espiar señales (monitorizar) o para manipular señales. Las cajas de conexiones 341 a 348 están conectadas a interfaces informáticas de la máquina que ejecuta el motor en tiempo real de unidad de cabina 361 a 368.

Un modelo de adaptación de señal es un concepto de interconexión genérico, que no contiene nombre de señal o nombre de componente específicos. Este modelo de adaptación de señal puede aplicarse a una o múltiples conexiones eléctricas reales específicas de una manera en bloques de construcción. Los modelos de adaptación más sencillos pueden agruparse para crear modelos de adaptación de señal más complejos.

La Figura 6 muestra un ejemplo de modelo de adaptación de señal, para el caso de un modelo de "manipular una línea normalmente cerrada y espiar". En este modelo de adaptación de señal, el hardware de componente de tren 501 está conectado a través de la caja de conexiones 502 localizada en la unidad de instrumentación 121 a 128 a través de los bloques terminales de conexiones de interconexión 503. En el ejemplo dado, un contactor 504 estaba activando originalmente un componente 505 a través de su alambre original 506. Para manipular la salida 507 de este contactor 504, el alambre original 506 se elimina y la salida del contactor 507 se encamina a la caja de conexiones 502 mediante el bloque terminal 503. En la caja de conexiones 502 el alambrado pasa a través de un relé normalmente cerrado 508. El circuito continúa a través del bloque terminal 503 de nuevo a la entrada 509 del componente de sistema 505. La salida del contactor 507, la entrada de componente de sistemas 509 y una línea de referencia de tensión a cero 510 están interconectados en el bloque terminal de conexiones especializado 503.

El relé normalmente cerrado 508 se controla mediante un módulo CRIO 511 alimentado mediante una fuente de alimentación interna 512. CRIO es la abreviatura para entrada salida en tiempo real compacta. El módulo CRIO 511 se controla a sí mismo mediante la unidad de cabina o el motor en tiempo real del sistema de unidad de instrumentación. Las líneas de señal y de control de esta conexión no se representan. Cuando se le deja de aplicar energía, el relé normalmente cerrado 508 no modifica la salida del contactor 507. Sin embargo, cuando se le aplica energía, el relé normalmente cerrado 508 abre la conexión entre la salida del contactor 507 y la entrada 509 del componente de sistema 505.

Además, el modelo de adaptación de señal incluye una opción de espionaje, que permite la lectura de la salida del contactor 507 a través de un relé de espía 513. Este relé de espía 513 está conectado a otro módulo CRIO 514 alimentado mediante otra fuente de alimentación interna 515. De nuevo no se muestran las líneas de señal y de control que conectan el módulo CRIO 514 al respectivo motor en tiempo real de unidad de cabina.

En este ejemplo la caja de conexiones 502 puede eliminar una salida de contactor 507 de un conector 504 desde su destino pretendido, una entrada de componente de sistema 509 del componente de sistema 505, mientras también mide la tensión introducida a un componente de sistema 505. Para la realización de una plataforma de prueba como la mostrada en la figura 4, se desarrollaron estos modelos de adaptación de señal genéricos.

Con estos tipos de cajas de conexiones pueden realizarse diferentes modos de interconexión funcionales.

La Figura 7 muestra los diferentes modos de interconexión funcionales desarrollados para una plataforma de prueba de este tipo. Estos modos se desarrollaron sobre la suposición de que los sistemas de tren verdaderos 400 a probar comprenden un controlador de sistema físico verdadero 701 y algún otro sistema físico 702 conectado al controlador de sistema 701. Estos modos de interconexión funcional son:

- Modo 0: No acción - No monitorización: Este modo se usa cuando el hardware físico real 702 está conectado al controlador real 701, pero no hay necesidad de monitorizar las entradas y salidas
- Modo 1: Monitorización - Este modo se usa cuando el hardware físico real 702 está conectado al controlador real 701. La plataforma monitorizará todas las actividades de entrada y salida (E/S) entre el controlador 701 y el mundo físico 702 y/o al sistema de comunicación 136 mediante el bloque terminal de conexiones 351 y las cajas de conexiones 341-1, 341-2.
- Modo 2: Monitorización + Manipulación - Este modo se usa cuando el hardware físico real 702 está conectado al controlador real 701. Monitorizará todas las actividades a probar (E/S) entre el controlador 701 y el mundo físico 702 y/o al sistema de comunicación 136 mediante el bloque terminal de las cajas de conexiones 351 y las cajas de conexiones 341-1, 341-2. Estas se usarán también para manipular las señales necesarias entre el controlador 701 y el mundo físico 702 y/o al sistema de comunicación 136.
- Modo 3A: simulación de entorno de software - Este modo simula el entorno (usando un modelo de software) del controlador 701. Es decir el hardware físico se simula mediante un motor de modelo de sistema de cabina 371 y todas las E/S conectadas a este controlador 701 se manipulan mediante el bloque terminal de conexiones 351 y las cajas de conexiones 341-2, 341-3 y/o interfaces informáticas de conexiones 391. La E/S entre el sistema de comunicación 136 y el controlador 701 se espía mediante un bloque terminal de conexiones 351 y la caja de conexiones 341-1 y/o una interfaz de bus de conexiones 381.
- Modo 3B: Simulación de entorno hardware - Este modo es idéntico al modo 3A excepto que este modo simula el entorno (usando un simulador de hardware) del controlador 701 mediante hardware de simulación especializado 703 y todas las E/S conectadas al controlador real 701. Espiar la E/S between el sistema de comunicación 136 y el controlador 701 se lleva a cabo mediante un bloque terminal de conexiones 351 y la caja de conexiones 341-1 y/o a la interfaz de bus de conexiones 381. La monitorización y/o manipulación del hardware de simulación 703 se lleva a cabo mediante un bloque terminal de conexiones 351 y la caja de conexiones 341-2 y/o interfaz informática de conexiones 391.
- Modo 4: Simulación de controlador - Este modo simula el comportamiento del controlador y toda la E/S (incluyendo E/S al bus de vehículo multifuncional (MVB) u otros buses del sistema de comunicación 136). La interconexión se realiza mediante el bloque terminal de conexiones 351 y las cajas de conexiones 341-1, 341-2 y/o interfaces de bus de conexiones 381. La simulación se hace mediante un motor de modelo de sistema de cabina 371.

Se apreciará que los diferentes modos funcionales pueden ponerse en uso en diferentes combinaciones para conseguir objetivos de prueba expuestos.

Para maximizar el uso de la plataforma de prueba, la mesa de control 406 de la unidad de cabina 111 como se muestra en una realización representada en la Figura 4 puede comprender los siguientes componentes:

uno o varios conmutadores, uno o varios botones, una palanca de impulso de control maestro, y una denominada

Unidad Controladora de Interfaz (IDU) que realiza una interfaz de máquina humana usando una pantalla táctil en la mesa de control. Los componentes están instrumentados de tal manera que permiten tres modos de control:

- un modo de control manual desde la mesa de control (como un controlador real). Esto se denomina como modo de control de habitáculo manual;
- un modo de control manual desde la HMI supervisora (usando ratón). Este modo se denomina como modo supervisor manual;
- un modo controlador automático desde el motor de guion supervisor. Este modo se denomina como modo automático;

Es necesario proporcionar capacidades de manipulación y/o de espionaje en estos componentes de hardware de entrada y salida. Para los accionadores electromecánicos de la mesa de control tales como, pero sin limitación, botones de pulsación, conmutadores, palanca de impulso de control maestro etc., se usan cajas de conexiones y/o interfaces informáticas de conexiones o interfaces de bus de conexiones dependiendo de la conexión de estos accionadores electromecánicos al sistema de comunicación 136 en el entorno de tren verdadero.

La monitorización y manipulación de la interfaz de máquina humana de IDU puede realizarse de diferentes maneras. Es posible usar interfaces de bus de conexiones y/o interfaces informáticas de conexiones para monitorizar y manipular las señales eventualmente emitidas y/o recibidas mediante el sistema de comunicación 136. Aunque la interfaz de máquina humana de IDU interna no puede monitorizarse o manipularse. Por lo tanto se prefiere usar adicionalmente una aplicación de software especialmente desarrollada para realizar la monitorización y manipulación al nivel de IDU.

En una realización los diferentes modos se realizan como sigue:

- En el modo de control de habitáculo manual realizado en la mesa de control, todas las manipulaciones se desactivan y los comandos de la mesa de control pueden ejecutarse como un controlador lo haría en el tren. Las capacidades de espionaje están aún sin embargo activas, por lo que los comandos de controlador pueden visualizarse en la HMI de supervisor y también registrarse en la base de datos de supervisor. Estos datos pueden usarse como parte del programa de entrenamiento del controlador para evaluar el comportamiento del controlador.
- En el modo de supervisor manual todas las entradas se realizan manualmente mediante la HMI supervisora.
- En el modo de control automático todas las "entradas" se proporcionan desde el motor de guion de supervisor. En una realización todas las entradas y/o manipulaciones se activan permitiendo el control desde la unidad supervisora manualmente mediante la HMI o como alternativa automáticamente desde el motor de guion de supervisor.

En una realización las entradas pueden proporcionarse únicamente desde cualquiera de un componente de habitáculo de controlador físico o la unidad supervisora. Para diferentes componentes o grupos de componentes esta "decisión de control" exclusiva puede tomarse de manera diferente. Por lo tanto para cada componente el modo de control puede seleccionarse individualmente. Diferentes componentes pueden asignarse a diferentes modos de control al mismo tiempo. Por ejemplo, la palanca de impulso de control maestro podría controlarse mediante el motor de guion de supervisor mientras el botón de pulsación de puerta podría controlarse mediante el controlador desde la mesa de control.

En una realización más sofisticada al menos en el modo de control manual las manipulaciones que se originan desde la unidad supervisora son también posibles. Tal diseño permite la creación de escenarios de entrenamiento de controlador donde pudieran introducirse fallos en los comandos de controlador para ver cómo reaccionaría el controlador a ellos.

En principio es posible tener realizaciones donde un componente pudiera asignarse a varios modos de control al mismo tiempo. Es decir las entradas podrían realizarse mediante cualquiera del componente de control verdadero o mediante los ordenadores de la unidad supervisora (manual o automáticamente). Sin embargo esto conduciría a comportamiento en conflicto. Por lo tanto, la manipulación de las unidades supervisoras debería tener preferencia sobre las entradas manuales realizadas en el habitáculo del controlador en caso de comportamiento en conflicto.

La Figura 8 representa el concepto de la caja de conexiones de las interconexiones funcionales para el accionador electromecánico de la mesa de control, donde la entrada del accionador se introduce exclusivamente mediante el accionador o mediante la plataforma de prueba.

Una línea de señal 601 del sistema de comunicación 136 se encamina mediante el bloque terminal de conexiones 603 a una caja de conexiones 602. La entrada 604 de la caja de conexiones 602 está conectada a un relé de separación 605 controlado mediante el módulo de salida digital CRIO 606. Este módulo de salida digital CRIO 606 es parte de la interfaz de conexiones y se controla mediante el respectivo motor en tiempo real de unidad de cabina (no mostrado). En el estado de conmutador cerrado del relé de separación representado en la Figura 8 la entrada 604 está conectada a una primera salida 607 de la caja de conexiones 602. La primera salida 607 se encamina mediante el bloque terminal de conexiones 603 a la entrada 608 del accionador 609 que es un botón de pulsación en

este caso. La salida 610 del accionador 609 está conectada a otra línea de señal 611 del sistema de comunicación 136 y al bloque terminal de conexiones 603. La salida 610 del accionador 609 se encamina mediante el bloque terminal de conexiones 603 a una entrada/salida 612 de la caja de conexiones 602.

5 La entrada/salida 612 está conectada a una segunda salida 613 mediante un relé de espía 614 que controla el módulo de entrada digital CRIO 615. Mediante el relé de espía 614 es posible espiar el estado de accionamiento del accionador 609. El módulo de entrada CRIO 615 está conectado al motor en tiempo real de unidad de cabina (no mostrado) de la respectiva unidad de cabina. El motor en tiempo real de la unidad de cabina controla todo el espionaje y manipulación en esa unidad de cabina.

10 La segunda salida 613 está conectada a una línea de tensión de referencia 616 del sistema de comunicación 136 mediante el bloque terminal de conexiones 603.

15 En el estado de interruptor abierto del relé de separación 605 la entrada 604 está conectada a la entrada/salida 612 mediante un relé de manipulación 617 controlado mediante el módulo de salida de CRIO 606. Por lo tanto en el estado de conmutador abierto el motor en tiempo real de unidad de cabina puede manipular o simular una activación del accionador 609 mediante el relé de manipulación 617. Ya que la entrada/salida 612 está conectada a la salida 610 del accionador 609 esta manipulación es transparente, es decir indetectable para los sistemas de cabina reales influenciados por una activación del accionador 609. Esta señal se lleva en dicha otra línea de señal 611 del sistema de comunicación también conectado a la salida 610 del accionador 609.

20 En la posición de conmutador abierto del relé de separación 605 un espionaje de la activación del accionador (efectuado mediante el relé de manipulación 617) puede realizarse de la misma manera que en el estado de conmutador cerrado del relé de separación 605. Debería observarse que las líneas de señal y de control que conectan los módulos CRIO 606, 615 con el motor en tiempo real de la unidad de cabina (no mostrado) no se representan.

Números de referencia

30	1 a 8	pictogramas que representan componentes y sistemas de tren de cabina
	101	plataforma de prueba de tren
	102	componente de plataforma
	111 a 118	unidades de cabina
	119	unidad supervisora
35	121 a 128	unidades de instrumentación
	136	sistema de comunicación
	137	sistema de memoria reflectiva
	192	memoria
	220	espacio de memoria
40	221 a 228	subespacios
	221-cuw a 218-cuw	sección de escritura de unidad de cabina
	221-suw a 218-suw	sección de escritura de unidad supervisora
	231 a 239	tablas de memoria
	241 a 249	componentes de sistema de memoria reflectiva locales
45	260	enlace (anillo)
	261	cable óptico
	270 a 278	ordenador
	280	pantalla táctil
	300	líneas de señal y control
50	321-n a 321-k	bastidores de instrumentación (n, k son números naturales)
	331 a 338	interfaces de conexiones
	341-i a 341-j	cajas de conexiones (i, j son números naturales)
	351 a 358	bloques terminales de conexiones
	361 a 368	motor en tiempo real de unidad de cabina
55	369	motor en tiempo real central
	371 a 378	motor de modelo de sistema de cabina
	381 a 388	interfaz de bus de conexiones
	391	interfaz informática de conexiones
	400	componentes de tren (verdaderos)
60	401	sistema de control y gestión de tren (TCMS)
	402	calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)
	403	sistema de freno
	404	pantógrafo
	405	fuelle de alimentación
65	406	mesa de control
	407	sistema de puerta

	421, 422	líneas de señal (de componente de tren verdadero que no es el sistema de comunicación)
	451	Interfaz de máquina humana (HMI)
	452	base de datos de gestión de configuración
	453	motor de guion de prueba
5	454	base de datos de registros
	455	simulador (modelo global)
	456	interfaz de máquina humana
	457	motor de modelo de entorno de tren
	458	datos técnicos
10	459	guiones
	460	simulador
	501	hardware de componente de tren
	502	caja de conexiones
	503	bloque terminal
15	504	contactor
	505	componente de sistema
	506	alambre original
	507	salida de contactor
	508	relé normalmente cerrado
20	509	entrada de componente de sistema
	510	línea de tensión de referencia
	511	módulo CRIO
	512	fuelle de alimentación
	513	relé espía
25	514	otro módulo CRIO
	515	otra fuente de alimentación
	601	línea de señal
	602	caja de conexiones
	603	bloque terminal de conexiones
30	604	entrada (de caja de conexiones)
	605	relé de separación
	606	módulo de salida digital CRIO
	607	primera salida (de la caja de conexiones)
	608	entrada (del accionador)
35	609	accionador (electromecánico)
	610	salida (del accionador)
	611	otra línea de señal
	612	entrada/salida (de caja de conexiones)
	613	segunda salida (de caja de conexiones)
40	614	relé espía
	615	módulo de entrada CRIO
	616	línea de tensión de referencia
	617	relé de manipulación
	701	controlador de sistema
45	701	sistema físico
	703	hardware de simulación

REIVINDICACIONES

1. Plataforma de prueba de tren (101) para un tren ferroviario que comprende múltiples cabinas comprendiendo dicha plataforma de prueba (101):

- una unidad de cabina (111 a 118) para cada una de las múltiples cabinas que representan una respectiva de cada una de las múltiples cabinas de tren real,
 - un sistema de comunicación de tren (136) que conecta las unidades de cabina (111 a 118),
 - una unidad supervisora (119), y
 - sistema de memoria reflectiva (137)
- en el que el sistema de memoria reflectiva (137) comprende una tabla de memoria reflectiva (231 a 239) del mismo espacio de memoria para cada unidad de cabina (111 a 118) y la unidad supervisora (119), en el que dichas tablas de memoria (231 a 239) se mantienen síncronas mediante el sistema de memoria reflectiva (137), y
- en el que cada unidad de cabina (111 a 118) comprende

una unidad de instrumentación,

proporcionando dicha unidad de instrumentación las interfaces de conexiones (331 a 338) entre el sistema de comunicación del tren (136) y todos los componentes del tren en la respectiva cabina,

en el que la unidad de instrumentación comprende adicionalmente:

al menos un motor en tiempo real de unidad de cabina (361 a 368);

en el que dicho al menos un motor en tiempo real de unidad de cabina (361 a 368) puede leer desde y escribir en la respectiva tabla de memoria reflectiva (231 a 239) de dicha respectiva unidad de cabina (111 a 118) y; configurado para monitorizar y/o para manipular señales en estas interfaces de conexiones (331 a 338) en tiempo real, en el que las señales monitorizadas se escriben en la tabla de memoria reflectiva (231 a 239) y las manipulaciones se llevan a cabo de acuerdo con datos leídos desde la tabla de memoria reflectiva (231 a 239); y

una unidad de simulación para cada sistema de tren de cabina no está físicamente presente en la respectiva cabina para simular el comportamiento eléctrico de dicho sistema de tren de cabina no presente como para reaccionar sobre señales especializadas para dicho sistema de tren de cabina no presente y como para proporcionar las respectivas señales suministradas mediante el respectivo sistema de tren de cabina real simulado, en el que un sistema de tren de cabina es un sistema de tren localizado en una unidad de cabina que representa la cabina verdadera,

en el que dicha unidad supervisora (119) comprende:

un motor en tiempo real de sistema central que interactúa con la respectiva tabla de memoria reflectiva (231 a 239) mediante la lectura de datos para registrar y/o monitorizar y o procesar datos de señal monitorizada y mediante la escritura de datos en la tabla de memoria reflectiva (231 a 239) para manipular señales en unidades de cabina (111 a 118) y/o dirigir y controlar los sistemas de tren de cabina.

2. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que el sistema de comunicación (136) comprende el sistema de bus o sistemas de bus verdaderos así como el alambrado verdadero excepto para desviaciones de longitud de cable donde sea apropiado.

3. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que cada unidad de cabina (111 a 118) comprende el sistema de control y gestión de tren verdadero completo (401) incluyendo interbloqueos.

4. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la plataforma de prueba (101) comprende una o varias instancias verdaderas de sistemas de tren de cabina fuera del grupo: sistema de puerta verdadero (407), sistema de freno (403), mesa de control (406), armario de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) incluyendo una unidad de habitáculo de HVAC (402), un cargador de batería (405) incluyendo baterías.

5. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que la plataforma de prueba (101) comprende una o varias instancias de los componentes de tren de cabina a probar que están compuestos de componentes de tren verdaderos de manera parcial únicamente, y en el que las partes verdaderas faltantes están físicamente simuladas, en el que estos componentes de tren compuestos parcialmente de componentes de tren verdaderos se seleccionan fuera del grupo que comprende: un pantógrafo, un sistema de freno.

6. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que las unidades de instrumentación comprenden también interfaces de conexiones (331 a 338) para conectar subcomponentes de un sistema de tren de cabina con su unidad de control y/o de interfaz de dicho sistema de

cabina, en el que dichas interfaces de conexiones pueden monitorizarse o manipularse mediante el respectivo al menos un motor en tiempo real de unidad de cabina (361 a 368).

7. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que la unidad supervisora (119) comprende un motor de simulación para simular el comportamiento por todo el tren.

8. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que la unidad supervisora (119) comprende un motor de guion para ejecutar guiones para realizar secuencias de pruebas automatizadas.

9. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada por que la unidad supervisora (119) comprende una interfaz de máquina humana que puede proporcionar datos de monitorización del tren de prueba de múltiples cabinas de una manera perceptible humana y que puede aceptar entradas humanas para manipular sistemas de tren de prueba.

10. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que la unidad de simulación comprende un motor de simulación de sistema de cabina en tiempo real.

11. Plataforma de prueba de tren (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por que la unidad de simulación comprende un simulador que está realizado físicamente al menos parcialmente.

12. Plataforma de tren de prueba (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que al menos una unidad de cabina (111 a 118) comprende al menos un accionador (609) para influenciar el comportamiento de al menos un componente de tren en un tren verdadero, y en el que la interfaz de conexiones (331 a 338) de la respectiva unidad de cabina está configurada para activar o desactivar de manera alternativa una entrada de señal de dicho al menos un accionador (609), y en la que la interfaz de conexiones (331 a 338) está configurada adicionalmente para crear una señal de entrada equivalente bajo el control de la unidad supervisora (119) como una modificación, cuando la entrada del accionador (609) está desactivada.

13. Plataforma de tren de prueba (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada por que una interfaz de máquina humana de un componente de tren verdadero está modificada mediante un componente de software para posibilitar entradas manipuladas en la interfaz de máquina humana de la unidad de cabina mediante la unidad supervisora (119).

14. Plataforma de tren de prueba (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada por que la localización, desde la que puede ejecutarse la dirección/control de ciertas funciones operacionales, puede cambiarse desde la unidad supervisora (119) a los medios operacionales de una mesa de control en una de las unidades de cabina (111 a 118), en la que las funciones de visualización que indican el estado de componentes de tren reales (400) o sistemas simulados pueden visualizarse en paralelo en la interfaz de máquina humana del supervisor y en una interfaz de máquina humana de la mesa de control.

15. Uso de una plataforma de prueba (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores para realizar prueba de integración automatizada y/o o manual de componentes de tren verdaderos de un tren de múltiples cabinas.

16. Método para probar componentes de tren de cabina verdaderos en un entorno de tren de múltiples cabinas integradas que comprende las etapas de:

proporcionar una plataforma de prueba (101) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que los componentes de tren de cabina verdaderos a probar están instalados en las respectivas unidades de cabina (111 a 118) de la plataforma de prueba (101), de manera que al menos algunas de las señales usadas para controlar la funcionalidad de los componentes de tren de cabina verdaderos a probar pueden monitorizarse y/o manipularse mediante la plataforma de prueba (101) y/o al menos algunas de las señales producidas como realimentación o como parte de la funcionalidad proporcionada mediante dichos componentes de tren de cabina verdaderos a probar, pueden monitorizarse, arrancar la plataforma de prueba (101) incluyendo los componentes de tren de cabina verdaderos a probar; y manipular o simular al menos una señal de uno de los componentes de tren de cabina verdaderos a probar o de uno cualquiera de los componentes de tren simulados mediante una de las unidades de cabina (111 a 118) mediante la unidad supervisora (119) cambiando al menos una entrada de memoria en el espacio de memoria reflectiva.

17. Método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado por que la manipulación se lleva a cabo mediante la ejecución de un guion en hardware de la unidad supervisora (119).

18. Método de acuerdo con la reivindicación 16 o 17, caracterizado por que al menos todas las señales monitorizadas se registran en tiempo real en la unidad supervisora (119).

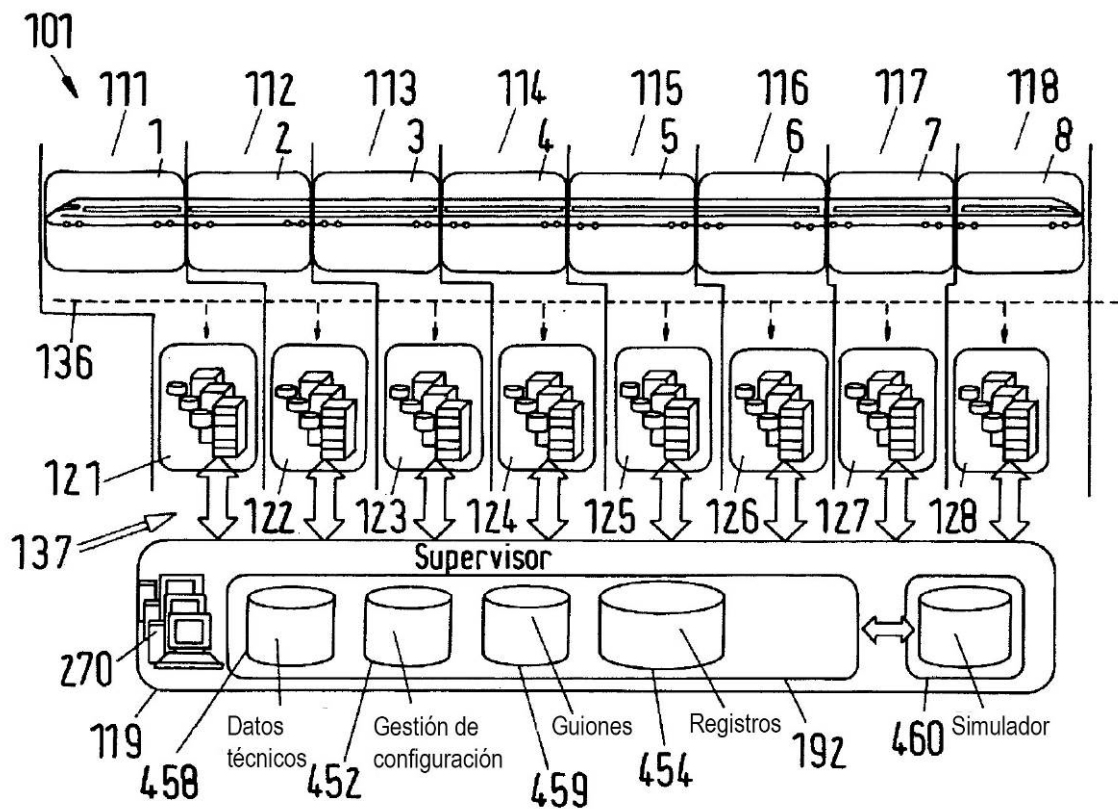


Fig.1

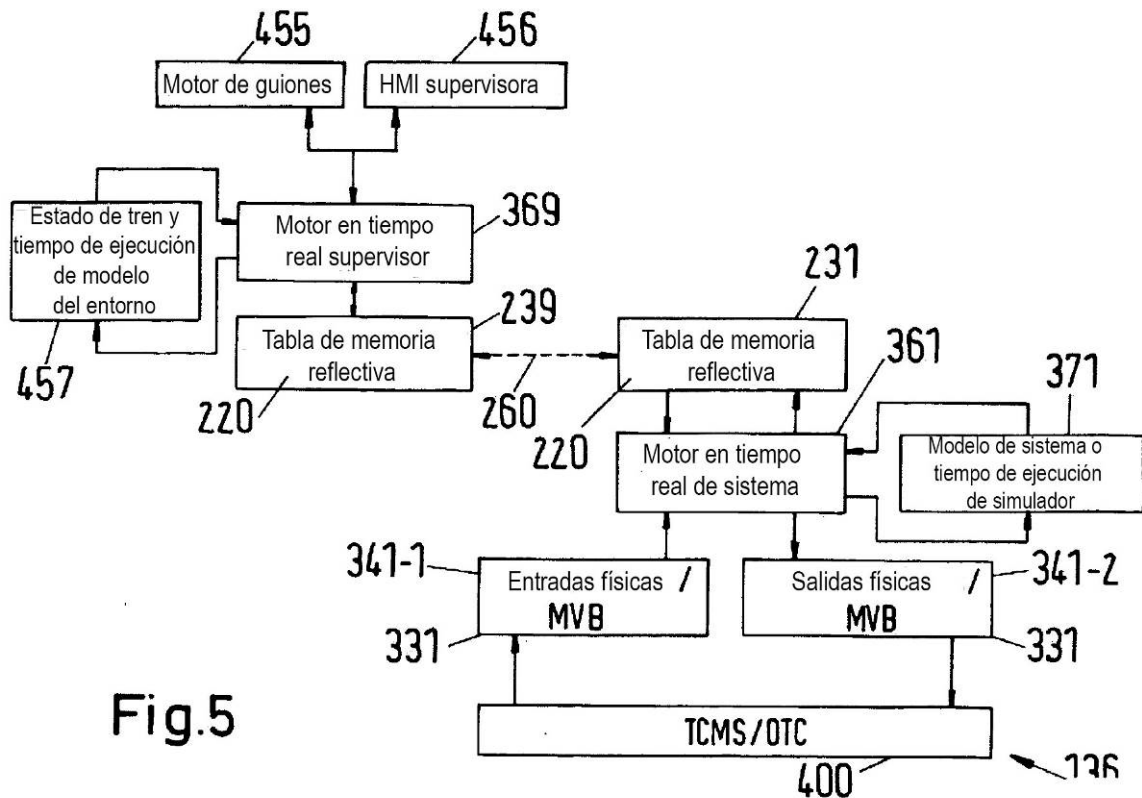


Fig.5

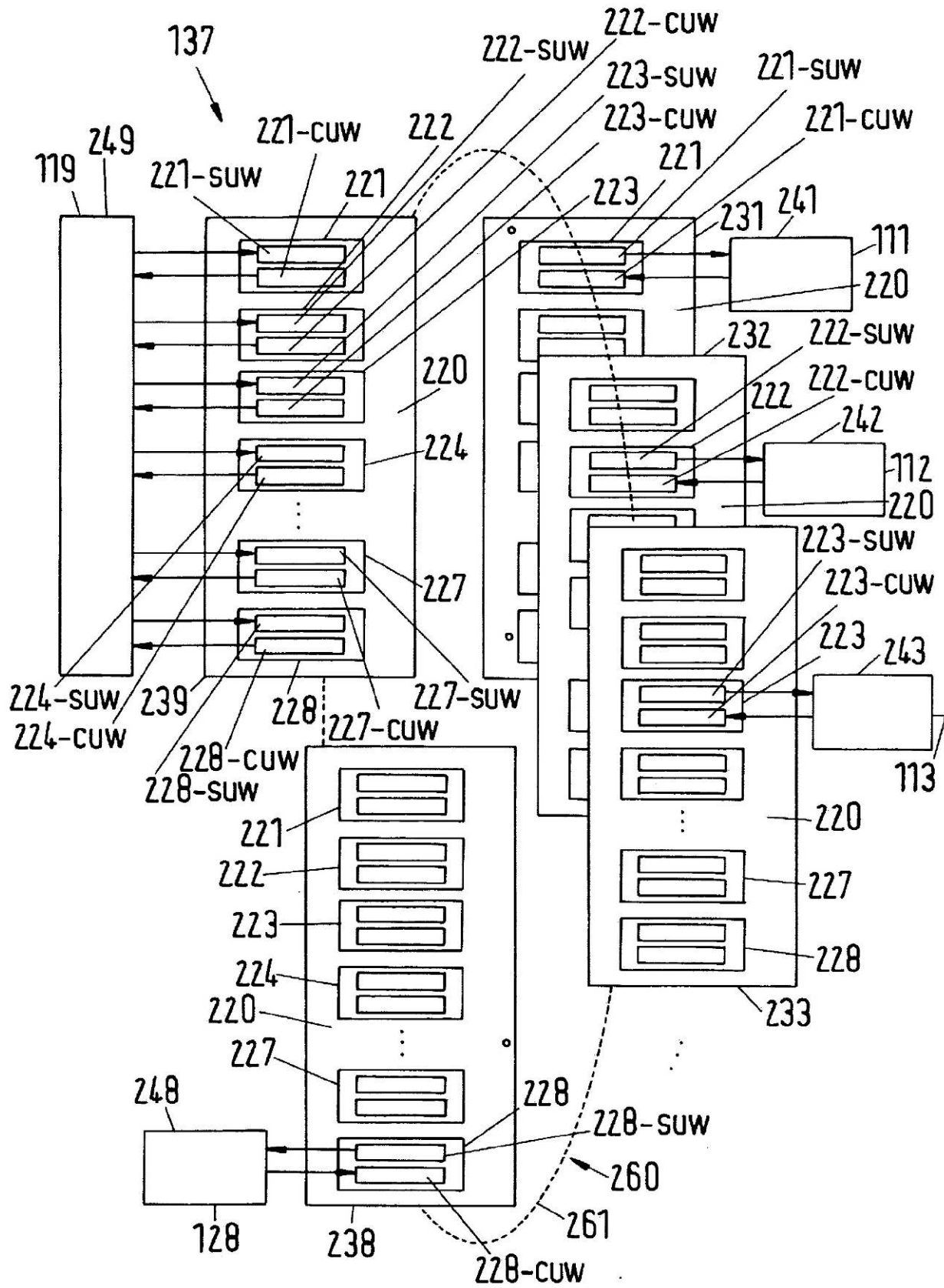


Fig.2

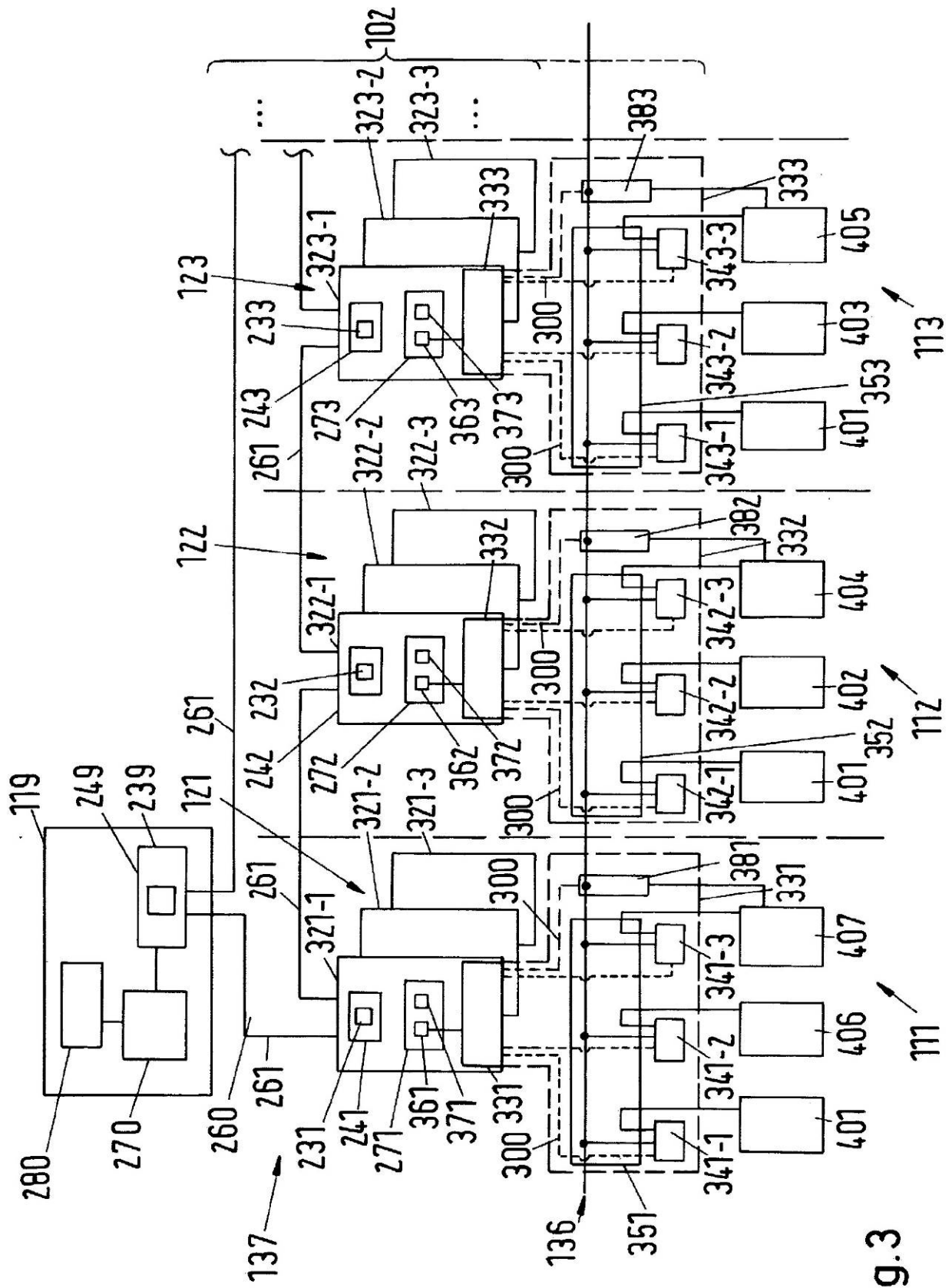
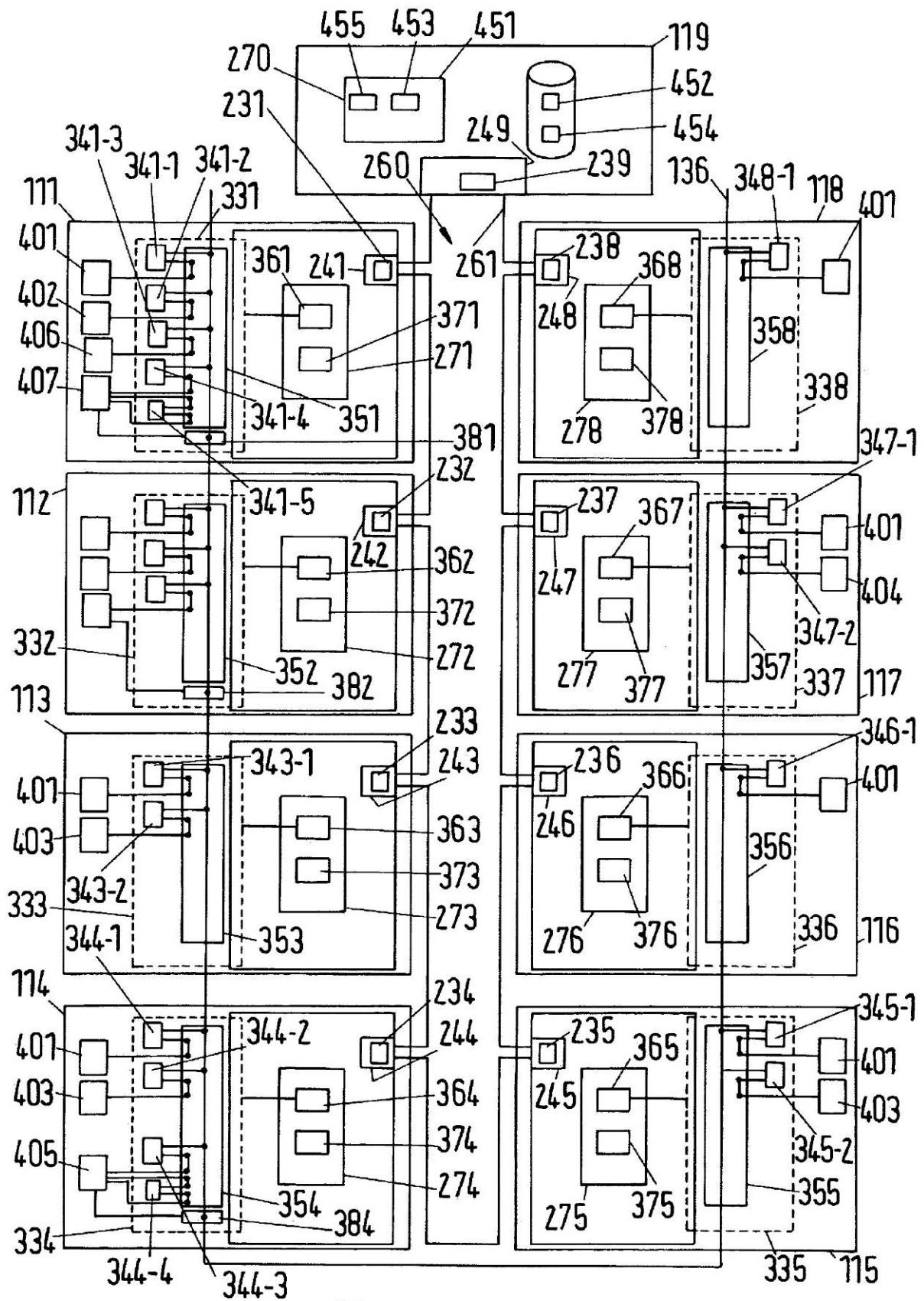


Fig. 3



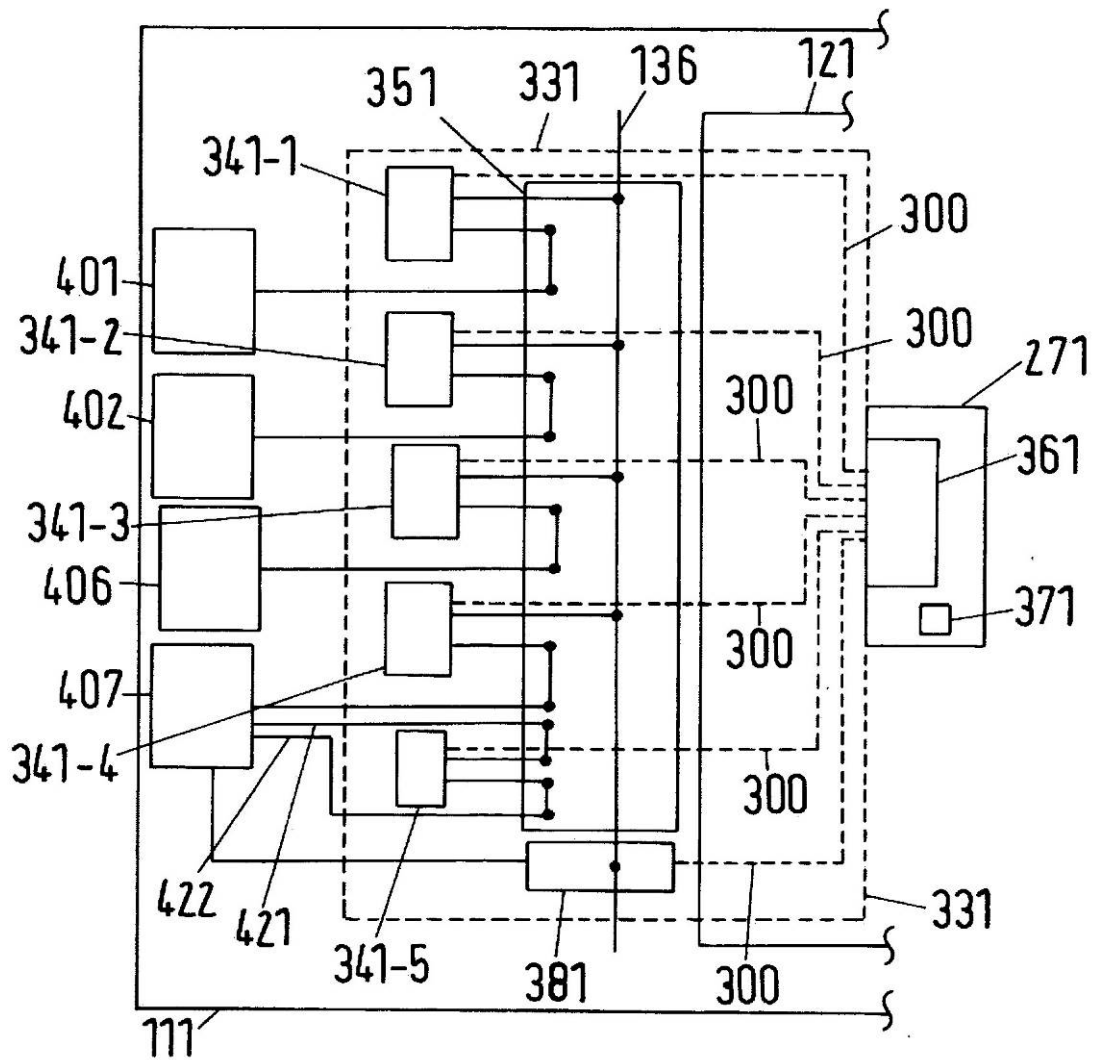


Fig.4a

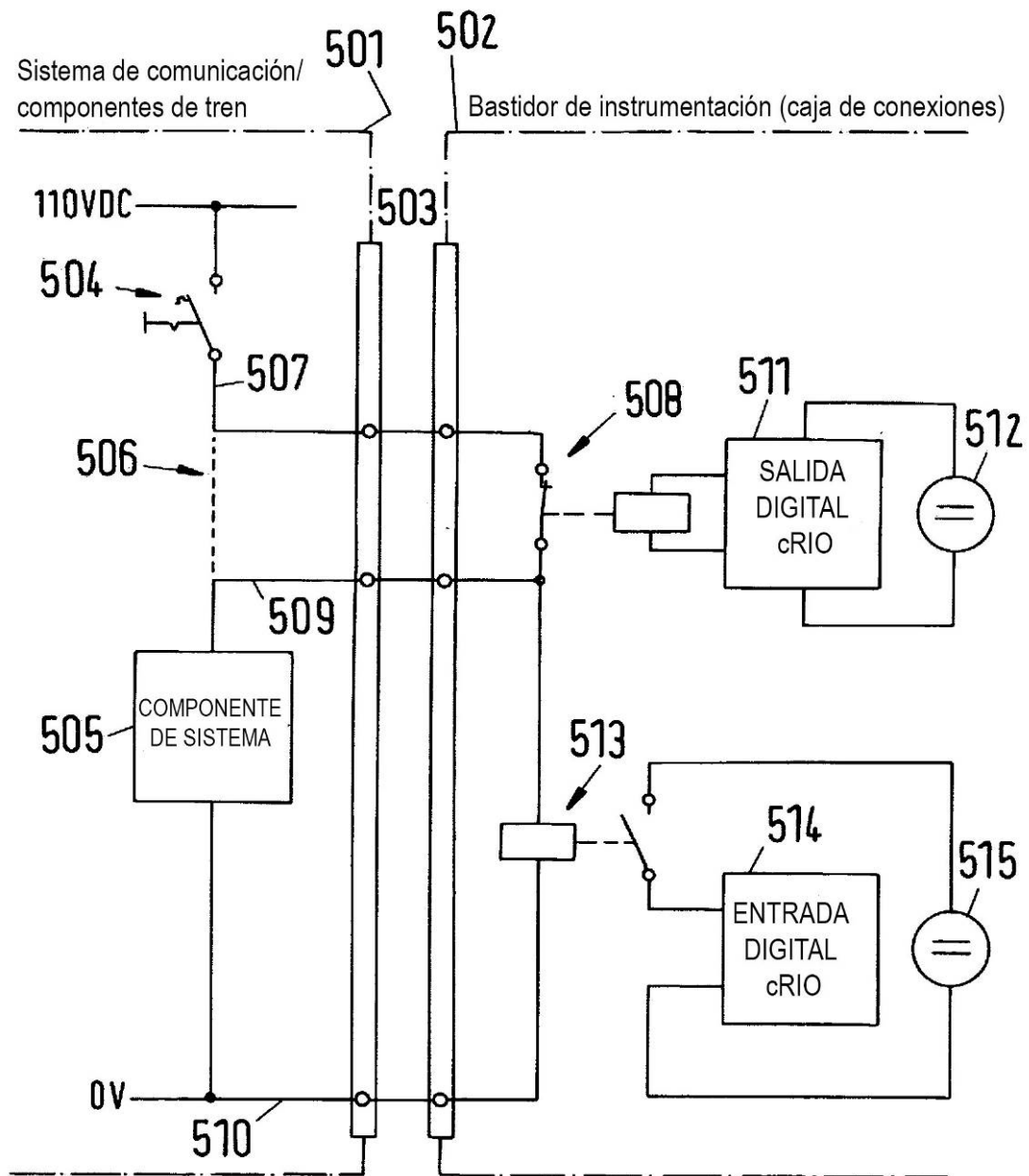


Fig.6

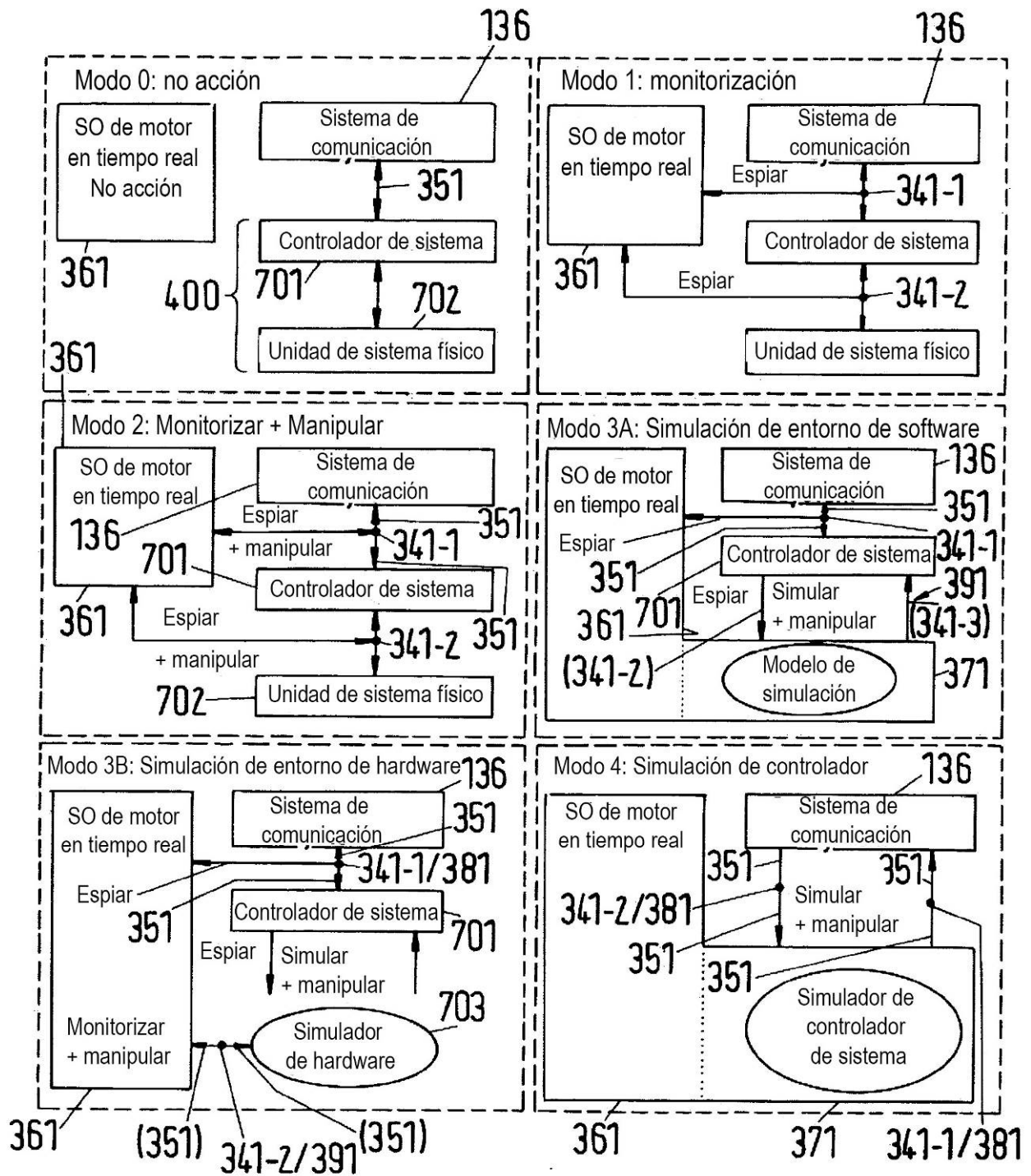


Fig.7

