

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 985**

51 Int. Cl.:

**G06F 11/36** (2006.01)

**G06F 9/445** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.07.2010 PCT/SE2010/050786**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2012 WO12005639**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2010 E 10854508 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2591419**

54 Título: **Simulación y ensayo de aviónica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.04.2019**

73 Titular/es:

**SAAB AB (100.0%)  
581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:

**DANIELSSON, TORHEL y  
PETTERSSON, ANDERS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 708 985 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**

Simulación y ensayo de aviónica

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema y a un procedimiento de simulación y ensayo de aviónica.

- 5 Así mismo, la invención se refiere a un software adaptado para realizar las etapas del procedimiento de simulación y ensayo cuando son ejecutadas en un ordenador.

**Antecedentes de la invención**

- 10 En sistemas de control integrados actuales, los desarrollos de la tecnología digital han permitido una funcionalidad compleja. Sin embargo, como resultado directo del desarrollo, se incrementa la necesidad de una capacidad adicional del sistema suministrada por el software y por los diversos componentes como por ejemplo sensores, procesadores, unidades de visualización, buses de datos y unidades de memoria.

- 15 Aparte de implementar más funcionalidad e interconectividad en los sistemas de control, la utilización de menos Tamaño, Peso y Potencia (SWaP) y un número menor de cableados son importantes condicionamientos adicionales. Las actualizaciones de los hardware y software integrados durante la vida útil de los productos convierten la adaptabilidad y la modularidad en otro parámetro interesante de los diseños. Otros incentivos incluyen la consecución de unos desarrollo, producción y mantenimiento rentables en los que una fórmula posible es implementar una tecnología de programas informatizados comerciales (Commercial-Of-The-Shelf) (COTS) en lugar de la costosa tecnología especializada.

- 20 Los sistemas en tiempo real para aplicaciones de control de seguridad críticas, en los que se obtienen típicamente datos procedentes de sensor/es, comunicados y tratados para suministrar una señal de control a un accionador, plantean estrictas exigencias relativas al ancho de banda, al tiempo de suministro de datos, a la redundancia y a la integridad. La no consecución de las una o varias de estas exigencias pueden resultar peligrosas en aplicaciones que incluyan "frenado por cable" o "dirección por cable"

- 25 Un área de este tipo en la que es aplicable una ejecución y una comunicación fiables de datos de alta velocidad se produce en los sistemas de aviónica. Los avances técnicos a finales de los 60 y principios de los 70 hicieron necesario compartir aplicaciones entre los diferentes subsistemas de aviónica para reducir el número de unidades sustituibles en Línea (LRU:s). Un solo sensor, por ejemplo un sensor de la posición, suministraba informaciones a sistemas de armamento, sistemas de visualización, sistemas de piloto automático y de navegación.

- 30 La arquitectura de alto nivel de los sistemas de aviónica ha pasado de las LRU:s federadas, es decir, separadas para funciones separadas, a la aviónica modular integrada (IMA) es decir varias funciones integradas en las LRU:s multifuncionales. La conectividad que permite la comunicación entre diferentes LRU:s ha pasado de las conexiones de punto a punto de ancho de banda bajas hasta conexiones de punto a multipunto de ancho de banda más altas.

- 35 La guía iniciada por la Comisión Radiotécnica de aeronáutica (RTCA) en el DO-178B y la RTCA DO-254 regula la forma de diseñar y desarrollar el software y el respectivo hardware de una forma segura para mostrar la aereonavegabilidad, de acuerdo con una escala de criticidad. Sin embargo, la certificación y la posterior rectificación del software de acuerdo con el DO-178B representa un coste sustancial del desarrollo del software en base a los sistemas de control de aviónica.

- 40 Para contribuir al desarrollo de los modernos sistemas de control de la aviónica, un conjunto de documentos directrices, como por ejemplo la RTCA DO-297 y la Radio Aeronáutica Inc. (ARINC) 651 define los conceptos generales de los sistemas IMA. Así mismo, el documento ARINC 653 "Interfaz estándar de software de aplicación en aviónica", define una Interfaz de programa de aplicación (API) designada como Aplicación Ejecutiva (APEX), implementada en los Sistemas Operativos en Tiempo Real (RTOS) utilizados en sistemas de control de aviónica. El ARINC 653 permite la partición espacial y temporal que puede ser utilizada siempre que se necesitan múltiples aplicaciones para compartir una sola fuente de procesador y memoria, para garantizar que una aplicación no pueda enervar otra en el caso de un fallo de la aplicación.

- 45 El documento DE 102006018181 A1 divulga un procedimiento que conlleva el control de la comunicación entre un control de la función de ensayo y unas rutinas de ajuste de interfaces utilizando una rutina de distribución en red. Las rutinas de ajuste implementan unas interfaces, por ejemplo la interfaz RS232, de un sistema sometido a ensayo, por ejemplo, los componentes de control de un avión, y generan unos episodios de interfaz específicos de hardware y / o software como algoritmo separado de control. Los episodios son generados como algoritmo separado para simular las interfaces independientes de las informaciones de la función de ensayo transmitidas o para utilizar las respuestas de las interfaces con fines de evaluación.

El documento US 5111402 A1 divulga un sistema integrado de aeronave para ensayar funcionalmente los componentes y los subsistemas de una aeronave para su fabricación y su posterior mantenimiento. Una unidad de

control central sirve como repositorio para unidades de ensayo y conjuntos de inclusión que comprenden las etapas individuales de los ensayos funcionales llevados a cabo en la aeronave. En respuesta a las indicaciones de recepción del trabajo llevado a cabo en la aeronave, la unidad de control central representa una indicación de los ensayos funcionales que deben llevarse a cabo en la aeronave.

5 El documento US 200080009983 A1 divulga un sistema de control del vuelo de aeronaves y un sistema de ensayos para ensayar dicho sistema de control de vuelo. El sistema de ensayo comprende un dispositivo de ensayo que hace posible acceder a las informaciones disponibles dispuestas en el sistema de control de vuelo y controlar al menos un ordenador de ese sistema de control de vuelo.

10 El documento EP 0652526 A1 divulga un sistema de ensayo de aeronave que genera unos estímulos que remedan los estímulos recibidos por una aeronave en vuelo. El sistema de ensayo de aeronave incluye una serie de instrumentos para generar la serie de instrumentos controlables por procesador para generar los estímulos recibidos por una aeronave en vuelo. El sistema también incluye una serie de instrumentos que supervisan la respuesta de los diversos componentes de la aeronave a los estímulos a los cuales está expuesta la aeronave.

15 Sin embargo, el desarrollo de las aplicaciones software en aviónica tienden a exigir el acceso al hardware del sistema diana antes de que pueda llevarse a cabo cualquier ensayo y / o estimulación del comportamiento de las aplicaciones en aviónica desarrolladas. Así mismo, el acceso al sistema hardware diana para el ensayo de las aplicaciones software en aviónica desarrolladas tiende a constituir una fuente muy limitada, dado que muchos dispositivos de desarrollo de software generalmente participan del desarrollo de las aplicaciones y cada una requiere acceso para ensayar su aplicación desarrollada. Además, un ensamblaje del sistema hardware de diana real  
20 suministrado con fines de ensayo típicamente representa un coste sustancial.

Por consiguiente, en la técnica se necesitan mejoras destinadas a facilitar el ensayo y simulación de la funcionalidad de las aplicaciones software en aviónica.

25 El documento US 20080009983 A1 divulga un sistema de control de vuelo de aeronave y un sistema de ensayo para ensayar dicho sistema de control de vuelo. El sistema de ensayo comprende un dispositivo de ensayo que hace posible tener acceso a las informaciones disponibles sobre un sistema de control de vuelo y controlar al menos un ordenador del sistema del control de vuelo.

30 El documento EP 0652526 A1 divulga un sistema de ensayo de aeronave que genera unos estímulos que remedan los estímulos recibidos por una aeronave en vuelo. El sistema de ensayo de aeronave incluye una serie de instrumentos para generar la serie de instrumentos controlables por procesador para generar los estímulos recibidos por una aeronave en vuelo. El sistema también incluye una serie de instrumentos que supervisan la respuesta de los diversos componentes de la aeronave a los estímulos a los cuales está expuesta la aeronave.

35 El documento "simulador AMOBA - ARINCC 653 para aplicaciones basadas en espacios modulares", de Edgar Manuel Cândido da Silva Pascoal, es una disertación que trata de la Aviónica Modular Integrada (IMA). La disertación da a conocer que la principal característica de la IMA es compartir las fuentes de cálculo que aseguren un conjunto relevante de garantías de seguridad y en tiempo real. Así mismo, la disertación describe las ideas clave principales de investigación desarrolladas durante el diseño y la implementación de un diseñador multiplataforma y modular ARINC 653, denominado AMOBA que remedará un entorno de ejecución para las aplicaciones espaciales ARINC 653.

40 Sin embargo, el desarrollo de las aplicaciones software en aviónica tienden a requerir el acceso al hardware del sistema diana antes de que pueda llevarse a cabo cualquier ensayo y / o simulación del compartimento de las aplicaciones en aviónica desarrolladas. Así mismo, el acceso al sistema hardware diana para ensayar las aplicaciones software en aviónica desarrolladas tiende a constituir una fuente muy limitada, en cuanto muchos dispositivos de desarrollo software generalmente comparten el desarrollo de las aplicaciones y cada uno de ellos requiere el acceso al ensayo de su aplicación desarrollada. Además, un ensamblaje del sistema hardware real de  
45 diana suministrado con fines de ensayo típicamente representa un coste sustancial.

Por consiguiente se necesitan en la técnica unas mejoras destinadas a facilitar el ensayo y la simulación de la funcionalidad de las aplicaciones software en aviónica.

### **Objetivo de la invención**

50 Es por tanto un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema y un procedimiento que consigan la simulación y el ensayo mejorados de las aplicaciones software en aviónica.

### **Sumario de la invención**

55 Este objetivo se consigue de acuerdo con la presente invención mediante un sistema anfitrión de aplicación en aviónica para simular y / o ensayar una serie de aplicaciones particionadas dispuestas para ser periódicamente ejecutadas en un sistema diana, según se define en la reivindicación 1. Se consigue que las aplicaciones particionadas dispuestas para ser periódicamente ejecutadas en el sistema diana puedan ser ejecutadas dentro del

- 5 sistema anfitrión de aviónica sin adaptar las aplicaciones particionadas al sistema anfitrión de aviónica. El sistema anfitrión de aviónica puede ser utilizado como una herramienta simuladora de escritorio para desarrollar aplicaciones particionadas para ordenadores de control. El desarrollador de aplicaciones puede constituir aplicaciones particionadas para el sistema diana y ejecutar las aplicaciones particionadas en el entorno simulado utilizando el sistema anfitrión de aviónica. También es posible depurar el sistema, para investigar y modificar los mensajes y datos enviados entre las aplicaciones en aviónica particionadas. El sistema anfitrión de aviónica ofrece a los desarrolladores de aplicaciones la posibilidad de ensayar las aplicaciones particionadas en un entorno de escritorio antes de que uno o más componentes del hardware del sistema diana o de que un ensamblaje del hardware del sistema diana sea disponible, desarrollado y / u operable. El sistema anfitrión de aviónica permite que la mayoría de los ensayos asociados con la integración de la aplicación particionada dentro del sistema diana sea investigada y ejecutada directamente después de la construcción de las aplicaciones particionadas en el escritorio del desarrollador de las aplicaciones.
- 10 El sistema se caracteriza, en una opción, porque el módulo de control está dispuesto para simular un tiempo del sistema diana en base a la recepción de la pluralidad de solicitudes para el tiempo de ejecución a partir de los módulos funcionales y dispuesto para avanzar el tiempo del sistema diana simulado hasta el momento de inicio solicitado posterior en orden ascendente.
- 15 El sistema se caracteriza porque, en una opción, el módulo de control está dispuesto para operar de acuerdo con un protocolo de pertenencia y comunicar con los módulos funcionales, las aplicaciones particionales y los procesos componentes asociados con las aplicaciones particionadas, en base a los objetos de la cola de espera de mensajes.
- 20 El sistema se caracteriza porque el sistema anfitrión comprende un módulo modelo dispuesto para suministrar una pluralidad de modelos físicos del entorno operativo del sistema diana y unos subsistemas acoplados al sistema diana.
- El sistema se caracteriza porque, en una opción, dicho módulo de configuración está así mismo dispuesto para suministrar una configuración que asocie al menos una entre la serie de aplicaciones particionadas con al menos una variable de al menos uno de la pluralidad de modelos físicos.
- 25 El sistema se caracteriza porque, en una opción, el al menos un módulo de comunicación comprende una pluralidad de sub-módulos de comunicación y el módulo de configuración está así mismo dispuesto para proporcionar una configuración que asocie al menos una entre la serie de aplicaciones particionadas con al menos una variable de al menos uno entre la pluralidad de modelos físicos por medio de al menos uno de la pluralidad de sub-módulos de comunicación.
- 30 De esta forma, se consigue que el sistema anfitrión de aviónica pueda simular el entero sistema de control del vehículo aéreo, esto es el sistema diana, en base a que las aplicaciones particionadas puedan ser ejecutadas en el sistema anfitrión de aviónica e interactuar con un sistema simulado representativo del subsistema asociado con el vehículo aéreo utilizando la pluralidad de modelos físicos como por ejemplo los modelos de accionadores, sensores y / o el entorno operativo.
- 35 El sistema se caracteriza porque, en una opción, dicha pluralidad de sub-módulos de comunicación proporcionan comunicación entre procesos componentes asociados con cada una de la serie de aplicaciones particionadas en base a al menos un primer objeto de memoria compartida asociado con cada uno de la pluralidad de sub-módulos de comunicación y en el que la pluralidad de sub-módulos de comunicación proporcionan comunicación entre la pluralidad de aplicaciones particionadas asociadas con sub-módulos de comunicación diferentes en base a un segundo objeto de memoria compartida.
- 40 El sistema se caracteriza porque, en una opción, el al menos un módulo de comunicación está dispuesto para simular una red Ethernet de disparo temporizado en base a un programa de comunicación suministrado por las tablas de configuración y un segundo objeto de memoria compartida asociado con al menos un módulo de comunicación.
- 45 El sistema se caracteriza porque, en una opción, el sistema operativo diana es un sistema operativo en tiempo real y el sistema operativo anfitrión es un sistema operativo de propósito general.
- El sistema se caracteriza porque, en una opción, la serie de aplicaciones particionadas son aplicaciones ARINC 653 y el módulo (150) de servicio está dispuesto para proporcionar la funcionalidad ARINC 653.
- 50 El sistema se caracteriza porque, en una opción, el servicio de partición ARINC 653 está dispuesto en correspondencia con los procesos UNIX y las aplicaciones particionadas son ejecutadas dentro del proceso UNIX asociado como cadenas POSIX.
- 55 Este objetivo se consigue también de acuerdo con la presente invención mediante un simulador de vuelo que comprende un sistema anfitrión de aplicaciones en aviónica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el sistema anfitrión de aplicaciones en aviónica comprende un módulo de entrada dispuesto para suministrar unos medios para introducir unos comandos de control asociados con las operaciones de vuelo simulado

y en el que el sistema anfitrión de aplicaciones en aviónica comprende unos medios de visualización dispuestos para proporcionar una retroalimentación visual en base a las operaciones en vuelo simuladas.

5 De esta manera, se consigue que un piloto pueda operar una versión virtual del vehículo aéreo que comprende el sistema diana con las aplicaciones particionadas en base al sistema anfitrión de aviónica provisto de unos medios de entrada.

Este objetivo se consigue también de acuerdo con la presente invención mediante un procedimiento para simular y / o ensayar una serie de aplicaciones particionadas dispuestas para ser ejecutadas periódicamente en un sistema diana, según se define en la reivindicación 11.

10 Las reivindicaciones dependientes definen unos elementos caracterizadores opcionales correspondientes a los descritos en relación con el sistema.

Este objetivo se consigue también mediante un programa informático que comprende un código de programa para llevar a cabo las etapas procedimentales anteriormente descritas cuando dicho programa informático es desarrollado en un ordenador.

15 Este objetivo se consigue también mediante un producto de programa informático que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador para llevar a cabo las etapas procedimentales antes descritas, cuando dicho programa de ordenador es desarrollado en el ordenador.

El objetivo se consigue también mediante un producto de programa informático directamente almacenado en una memoria interna de un ordenador, que comprende un programa de ordenador para llevar a cabo las etapas procedimentales antes descritas, cuando dicho programa de ordenador es ejecutado en el ordenador.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La fig. 1 muestra esquemáticamente un sistema de aviónica distribuido de acuerdo con un ejemplo de la invención.

La fig. 2 muestra esquemáticamente el sistema de aviónica distribuido integrado en los componentes de un vehículo aéreo de acuerdo con un ejemplo de la invención.

25 La fig. 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de componentes hardware del sistema de aviónica distribuido de acuerdo con un ejemplo de la invención.

La fig. 4 ilustra una representación esquemática de los componentes hardware y software de acuerdo con un ejemplo de la invención.

La fig. 5 ilustra una representación esquemática más detallada de una porción de la arquitectura software.

30 La fig. 6 muestra una ilustración esquemática de un programa de ejecución de acuerdo con un ejemplo de la invención.

La fig. 7 muestra una ilustración esquemática de una estructura de simulación de acuerdo con un ejemplo de la invención.

35 La fig. 8 muestra una ilustración esquemática de la arquitectura de comunicación dentro de una estructura de simulación de acuerdo con un ejemplo de la invención.

La fig. 9 muestra una ilustración esquemática de un diagrama de flujo de un procedimiento para simular y / o ensayar una serie de aplicaciones particionadas de acuerdo con un ejemplo de la invención.

**Descripción detallada**

40 La presente divulgación describe un sistema, un procedimiento y un programa informático para simular y ensayar aplicaciones software desarrolladas destinadas a ser ejecutadas en un entorno informático de control distribuido integrado.

45 Las aplicaciones software desarrolladas comprenden un código de fuente que utiliza una o más llamadas / servicios funcionales asociados con la funcionalidad suministrada a partir del entorno informático de control distribuido integrado. Las una o más llamadas / servicios funcionales pueden, por ejemplo, requerir una funcionalidad suministrada a partir de uno o más sistemas operativos concretos y / o una o más API concretas asociadas con el entorno informático de control distribuido integrado.

Así mismo, las aplicaciones software desarrolladas pueden ser compiladas en un código legible por máquina, por ejemplo binarios ejecutables compilados utilizando un compilador, compatible con el entorno informático de control distribuido integrado.

5 Por tanto, el código de fuente o el código legible por máquina es sensible al entorno específico en el que las aplicaciones software sobre las que se pretende ejecutar, esto es, que requieren la funcionalidad específica de la plataforma diana. El compartimiento de las aplicaciones software es simulado y / o ensayado utilizando un entorno diana replicado designado como entorno anfitrión o sistema anfitrión. Así mismo, un entero sistema diana puede ser virtualmente ensayado en un entorno operativo simulado utilizando modelos del entorno operativo.

Los ejemplos que siguen se refieren al supuesto con referencia a vehículos aéreos. Sin embargo, son posibles diversas aplicaciones diferentes por ejemplo vehículos terrestres, marítimos o espaciales.

10 Un entorno o sistema de simulación o ensayo es designado como entorno o sistema "anfitrión" y el entorno o el sistema de ejecución perseguido se designa como entorno "diana". Un entorno diana es el entorno en el que las aplicaciones software están destinadas a ser ejecutadas y / o sobre las cuales las aplicaciones se compilan.

15 Con referencia a los dibujos, y en primer lugar a la **fig. 1**, en ella se ilustra un sistema diana de acuerdo con un ejemplo de la presente invención. El sistema diana es un sistema informático de aviónica distribuido que comprende una pluralidad de ordenadores **S1 - S4** dispuestos para ser montados en diversos emplazamientos de un vehículo 1 aéreo y actúan como un controlador de uno o más conjuntos de subsistemas del vehículo 1 aéreo, de forma que, por ejemplo, actúan como controlador de un sistema de inyección de combustible o de la hidráulica de un alerón.

20 En la **fig. 2** se ilustra una vista alternativa del sistema informático de aviónica distribuido integrado en sistemas / componentes del vehículo 1 aéreo de acuerdo con un ejemplo de la invención. El conjunto de subsistemas del vehículo **AVS** puede comprender unos sistemas como por ejemplo alerones, flaps, inyección de combustible y carga útil. El sistema informático de aviónica distribuido puede comprender al menos un nodo **S1 - S4** informático, como por ejemplo un ordenador de propósito general dispuesto como ordenador de control de vuelo (FCC) y / o un ordenador de control de misión (MCC), dispuestos para situarse en una conexión comunicativa con diversos subsistemas del conjunto de subsistemas del vehículo aéreo **AVS** y unos sistemas y / o componentes adicionales por ejemplo unos sensores **SENS**, accionadores **ACT** y una o más estaciones de control. Los sensores **SENS** pueden proporcionar informaciones relacionadas con las propiedades de los diversos subsistemas del conjunto de subsistemas del vehículo aéreo **AVS** y de un entorno operativo **ENV** que rodea el vehículo 1 aéreo. Las una o más estaciones de control pueden proporcionar informaciones relacionadas con interacciones procedentes de uno o más operadores del vehículo 1 aéreo. El sistema informático de aviónica distribuido puede estar dispuesto para procesar la información suministrada por uno o más de los sensores **SENS** y / o estaciones de control, con el fin de suministrar datos de control a los uno o más accionadores **ACT** y / o datos de presentación hacia las estaciones de control. El sistema informático de aviónica distribuido puede estar acoplado a al menos un componente de legado **LE** de aviónica de tratamiento, por ejemplo una LRU de legado dispuesta como unidad de tratamiento de radar dispuesta para situarse en conexión comunicativa con diversos subsistemas de aviónica **AVS** y sistemas y / o componentes adicionales, como por ejemplo sensores **SENS**, accionadores **ACT** y las una o más estaciones de control.

35 Con referencia a la **fig. 3** la configuración **35** hardware de uno entre la pluralidad de ordenadores **S1** del sistema diana se ilustra de acuerdo con el ejemplo de la invención. Cada uno entre la pluralidad de ordenadores **S1 - S4** en lo sucesivo designado como nodos **S1 - S4**, puede comprender al menos un procesador **4**, al menos una memoria **3**, un reloj hardware (no mostrado), una toma de corriente (no mostrada), una interfaz **6** con el bus y una interfaz **5** de E/S. La interfaz **5** de E/S puede estar dispuesta para proporcionar acceso a los dispositivos periféricos del sistema, por ejemplo los dispositivos acoplados al respectivo nodo por medio del VME, PCIe o similares. El sistema distribuido puede también comprender al menos una red **2**, por ejemplo una red Ethernet conmutada, que conecte operativamente los nodos **S1 - S4** posibilitando así el intercambio de mensajes de datos entre los nodos. El acceso a la red puede conseguirse mediante la respectiva interfaz **6** con el bus que puede estar dispuesta para situar los mensajes de datos y / o recuperar los mensajes de datos procedentes de la red **2** de acuerdo con las instrucciones predeterminadas. La interfaz **6** con el bus puede además estar dispuesta para proporcionar acceso por medio de una o más conexiones adicionales a otros dispositivos como por ejemplo concentradores de datos distantes (RDC:s) sensores y / o accionadores. Las una o más conexiones con los demás dispositivos pueden ser conexiones de punto a punto como por ejemplo RS-422 o de tipo bus como por ejemplo MIL-STD-1553, IEEE 1394 u otro tipo similar de conexión conocida en la técnica.

50 En la **fig. 4** se ilustra la configuración relacionada con la arquitectura de alto nivel de uno de cada uno de la pluralidad de ordenadores **S1** del sistema diana de acuerdo con un ejemplo de la invención. Cada nodo **S1 - S4** puede, aparte del hardware **35** antes descrito con referencia a la **fig. 2** comprender un sistema **30** de interfaz con el hardware dispuesto por medio de un conjunto de mecanismo impulsores de interfaz para obtener acceso al hardware específico como por ejemplo la memoria **3** y el reloj hardware. Cada nodo **S1 - S4** puede además comprender un sistema **25** operativo como por ejemplo un sistema operativo en tiempo real, RTOS. El sistema operativo puede estar dispuesto para suministrar una serie de servicios a una o más aplicaciones asociadas con el sistema diana. El número de servicios puede relacionarse con la comunicación, programación, gestión de memoria, temporización y supervisión sanitaria, por ejemplo proporcionando un tiempo local del sistema y unos servicios temporizadores. Al suministrar los servicios, el sistema operativo puede estar dispuesto para interactuar con el hardware **35** por medio del sistema **30** de interfaz con el hardware. Cada nodo **S1 - S4** puede también comprender un módulo de datos de configuración (CDM) **40**. El módulo de datos de configuración **40** puede estar dispuesto en

conexión operativa con el sistema **25** operativo y con el sistema **30** de interfaz con el hardware para suministrar las informaciones almacenadas dentro del módulo de datos de configuración relacionadas con la configuración específica del acceso a la memoria, la programación y la comunicación. A modo de ejemplo, el módulo de datos de configuración puede estar dispuesto para suministrar al RTOS los parámetros de inicialización asociados con la ejecución, temporización y configuración de memoria.

Cada aplicación de las una o más aplicaciones asociadas con el sistema diana, esto es, el sistema informático de aviónica distribuido puede comprender una o más tareas, también designadas como procesos. Cada una de las una o más tareas puede denotar una unidad lógica de cálculo con una sola cadena de control. A modo de ejemplo, una aplicación puede estar dispuesta para procesar las lecturas de sensor y controlar los comandos suministrados por un operador por medio de una o más leyes de control, para suministrar continuamente una señal de control a un accionador, por ejemplo a un accionador asociado con un alerón. A modo de ejemplo, una de las tareas puede estar configurada para llevar a cabo una operación derivativa sobre unos primeros datos variables recuperados de un sensor en el tiempo  $t$ . En otro ejemplo, una de las tareas puede ser configurada para llevar a cabo un cálculo en el tiempo  $t$  y  $t + 1$  para suministrar unos segundos datos variables relacionados con una velocidad de un objeto en el tiempo  $t$  y  $t + 1$  dados unos primeros datos variables asociados con la aceleración del objeto en el tiempo  $t$  y  $t + 1$ .

En un ejemplo, cada nodo **S1 - S4** del sistema diana puede estar dispuesto para ejecutar un sistema operativo en tiempo real, RTOS, de partición, adaptado al ARINC 653, para posibilitar la partición espacial y temporal de un conjunto de aplicaciones comprendidas en un módulo **15** de partición aviónica modular integrada, IMA. Con referencia a la **fig. 5**, el módulo **15** de partición IMA puede comprender las una o más aplicaciones como aplicaciones particionadas, como por ejemplo una primera aplicación **A1**, una segunda aplicación **A2** y una tercera aplicación **A3**. Cada una de las aplicaciones puede estar dividida en el módulo **15** IMA en una o más particiones como por ejemplo una primera partición **50** asociada con la primera aplicación **A1** y la segunda aplicación **A2** y una segunda partición **60** asociada con la tercera aplicación **A3**. Cada una de las una o más aplicaciones **A1 - A3** asociadas con el sistema diana puede además comprender una o más tareas. A modo de ejemplo, una primera tarea **53** puede estar asociada con la primera aplicación **A1**, una segunda tarea **55** y una tercera tarea **56** pueden estar asociadas con la segunda aplicación **A2** y una cuarta tarea **62** y una quinta tarea **63** pueden estar asociadas con la tercera aplicación **A3**. Los uno o más nodos **S1 - S4** pueden, así mismo, comprender cada uno una capa de abstracción suministrada por una interfaz de programación de aplicación (API) **20** situada entre el software de aplicación del módulo de partición IMA y el sistema operativo OS. La API **20** puede estar dispuesta para proporcionar un conjunto de servicios básicos al conjunto de aplicaciones requerido para llevar a cabo sus respectivas tareas y para comunicar.

En un ejemplo, la API puede estar dispuesta como una APEX ejecutiva de aplicación, que se conforme a las especificaciones ARINC 653. La implementación de la ARINC 653 para una arquitectura IMA de alto nivel impide la propagación de errores al ejecutar diferentes aplicaciones sobre un solo procesador. La partición posibilita ejecutar aplicaciones certificados en un nivel de criticidad diferente medido por el Nivel de Aseguramiento de Diseño (DAL) de acuerdo con el RTCA DO-178B en un solo procesador.

En la **fig. 6** se ilustra un programa **100** de ejecución de particiones asociadas con uno de los nodos del sistema diana, de acuerdo con un ejemplo de la invención. Las fuentes de tratamiento del procesador **4** de cada uno de los nodos **S1 - S4** pueden dividirse por medio de una configuración en una o más tramas **125** de tiempo de ejecución menores también designadas como tramas de tiempo de tratamiento menores. Cada una de las tramas **125** de tiempo de ejecución menores puede estar dispuesta para que sea periódica, esto es, que vuelvan a producirse periódicamente en momentos temporales definidos por un periodo de tiempo. Cada una de las una o más particiones asignadas al módulo **15** de partición IMA de cada uno de los respectivos nodos, puede estar provista de al menos una trama de tiempo de ejecución, como por ejemplo una primera trama **120** de tiempo de ejecución asociada con la primera partición **50** dotando a la partición de un acceso exclusivo a los recursos **4** de tratamiento del respectivo nodo **S1** asignado para la determinada al menos una trama **120** de tiempo de ejecución. Una o varias tramas de tiempo de ejecución menores puede comprender una o más tramas de tiempo de ejecución asociadas con las particiones. A modo de ejemplo, las una o más tramas **125** de tiempo de ejecución menores pueden comprender una primera trama **120** de tiempo de ejecución asociada con la primera partición **50** y una segunda trama **121** de tiempo de ejecución asociada con la segunda partición **60**. Una trama **110** de tiempo de ejecución mayor puede determinar el ciclo de repetición intrínseco del programa definido por una o varias tramas **125** de tiempo de ejecución menores de cada uno de los nodos **S1 - S4**.

En un ejemplo, a cada o una de las particiones asociadas con el respectivo nodo se le puede asignar una trama de tiempo a cada uno entre un programa de partición, determinar el orden y la trama de tiempo de ejecución para el tratamiento de las particiones dentro de cada trama **125** de tratamiento menor.

El programa **100** de ejecución puede ser utilizado por el sistema **25** operativo para determinar en el momento en que se llevan a cabo los conmutadores de contexto entre diferentes particiones y las tareas asociadas con las diferentes particiones por medio de las interrupciones del reloj suministradas a partir del hardware **35**. Por ejemplo, el programa **100** de ejecución puede determinar cuándo se llevan a cabo conmutadores de contexto entre la primera partición **50** y la segunda partición **60** y las respectivas tareas asociadas **53, 55 - 56, 62 - 63**.

Debe entenderse que la configuración relacionada con el número de aplicaciones, tareas y particiones, de esta forma también las tramas de ejecución pueden diferir del ejemplo ilustrado con referencia a la **fig. 6**.

La determinación del programa **100** de ejecución para cada uno de los nodos **S1 - S4** se puede llevar a cabo por medio de la consideración de las exigencias computacionales de las aplicaciones y de sus una o más tareas asociadas con respecto a los recursos suministrados por los nodos **S1 - S4**.

Durante la trama del tiempo de ejecución para la partición específica de las una o más particiones, las tareas asociadas contra la partición específica pueden ser ejecutadas sobre una base prioritaria. A cada tarea se le puede asignar una frecuencia de tarea o periodo, relacionada con las ejecuciones subsecuentes también designadas como invocaciones de la tarea.

En un ejemplo, cada una de las tareas del sistema de computación de aviónica distribuido puede estar dispuesta para ejecutar de forma periódica. Para ejecutar periódicamente el tiempo de deliberación, con referencia al momento en que una tarea puede comenzar a ejecutar, puede ser un tiempo desencadenado sobre una base regular, esto es, cíclica, por ejemplo un tiempo desencadenado por medio de los servicios temporizadores suministrados por el sistema operativo. Cada tarea puede entonces ser definida por un conjunto de propiedades asociadas con la temporización, incluyendo un periodo de tiempo T que defina el intervalo de tiempo entre sucesivas liberaciones de la tarea, un tiempo de cumplimiento (CT) que defina el tiempo cuando la tarea completa su ejecución, una fecha límite (D) que defina el último momento en el que la tarea debe completar su ejecución y un tiempo de ejecución en el peor de los casos (WCET) que defina el tiempo requerido para ejecutar la tarea sin interrupción.

En un ejemplo, el orden de ejecución de las una o más tareas durante la trama de tiempo de ejecución asignada a la partición puede ser programada mediante un programador preferente basado en la prioridad, por ejemplo programado con el fin de reducir la frecuencia del proceso, esto es, las tareas de cada partición son ejecutadas sobre una base de prioridad de velocidad monotónica (RM).

En un ejemplo, el orden de ejecución de una o más tareas durante la trama de tiempo de ejecución asignada a la partición puede ser programado sobre una base de fecha límite - monotónica (DM) esto es, las tareas son programadas para incrementar la fecha límite del cumplimiento de la tarea.

El programador preferente basado en la prioridad puede ser dispuesto para interrumpir la ejecución de la tarea, cuando alguna tarea de mayor prioridad necesita ser ejecutada y reanudarla en un momento posterior en el tiempo. En un caso en el que están asignadas diversas tareas a la misma partición con la misma frecuencia de actualización, la orden primera en entrar, primera en salir (FIFO) puede ser utilizada para determinar el orden de ejecución interno. Por tanto, la ejecución de las aplicaciones sobre cada nodo local puede disponerse para ser controlada por un programador de dos niveles. El programador del primer nivel está dispuesto para la preferencia de las particiones locales determinadas a partir de las tramas de tiempo de ejecución predeterminadas para cada una de las particiones residentes en el módulo **15** de partición IMA del nodo **S1 - S4** local respectivo. Para determinar el orden de ejecución de las particiones, las prioridades predeterminadas estáticas pueden ser asignadas a las particiones antes del tiempo de ejecución del sistema. El programador de segundo nivel está dispuesto para programar las una o más tareas dentro de cada una de las particiones sobre una base de prioridad preferente durante la trama de tiempo de ejecución predeterminada para la ejecución. A modo de ejemplo, la primera partición **50** puede ser asignada a un primer modo **S1** y asignada con la primera trama **121** de tiempo de ejecución de por ejemplo 10 ms y con un periodo de 25 ms correspondiente a una repetición, esto es, una frecuencia de actualización de 40 Hz. La primera tarea **53**, la segunda tarea **55** y la tercera tarea **56** pueden estar asociadas a la primera partición **50**. La primera y la segunda tareas pueden ser asignadas con una frecuencia de tarea de 40 Hz y la tercera tarea puede ser asignada con una frecuencia de tarea de 20 Hz. La segunda partición **60** puede ser asignada al nodo **S1** y asignada con la segunda trama **120** de tiempo de ejecución de por ejemplo 12 ms y con un periodo de 25 ms correspondiente a una repetición, esto es, una frecuencia de actualización de 40 Hz. La cuarta tarea **62** y la quinta tarea **63** asociadas con la segunda partición **60** pueden ser asignadas con una frecuencia de tarea de 40 Hz y 20 Hz, respectivamente. Por tanto, los ejemplos de la primera tarea **52** y de la segunda tarea **55** son ejecutados una vez cada periodo de tiempo de 25 ms, los ejemplos de la tercera tarea **56** son ejecutados una vez cada periodo de tiempo de 50 ms. Los ejemplos de la cuarta tarea **62** son ejecutados una vez cada periodo de tiempo de 25 ms y los ejemplos de la quinta tarea **63** son ejecutados una vez cada periodo de tiempo de 50 ms. El periodo de tiempo **110** mayor para el programa puede entonces determinarse para que sea al menos un común múltiplo del periodo de tiempo de ejecución de cada una de las tareas asociadas a cada uno de los nodos **S1 - S4**, como por ejemplo el al menos un común múltiplo de 25 ms y 50 ms correspondientes a los 50 ms, que es el periodo de tiempo en el que, después de la secuencia de ejecución de los ejemplos de tareas, esto es, el programa puede repetirse cíclicamente. Debe destacarse que uno o más ejemplos de tarea como el ejemplo de la tercera tarea **56** y de la quinta tarea **63** pueden ser preferentes durante una primera ejecución de sus particiones **50, 60** asociadas y más tarde ser reanudadas durante una ejecución posterior de su partición **50, 60** asociada. La tercera tarea **56** puede, por ejemplo, ser preferente dependiendo de si el CT de la tercera tarea **56** junto con el CT de una o más distintas tareas ubicadas en la misma partición, por ejemplo el CT de la primera tarea **53** y de la segunda tarea **55**, sobrepasa el periodo de tiempo asignado a la respectiva partición **50**.

En un ejemplo, la frecuencia de tratamiento de las tareas puede ser configurada seleccionándose a partir de un conjunto armónico de frecuencias con unos correspondientes periodos como por ejemplo el conjunto de frecuencias comprendidas entre 40 Hz, 20 Hz, 10 Hz y 5 Hz. La frecuencia de tratamiento de tareas puede ser seleccionada sobre la base de las respectivas exigencias de las tareas durante un tiempo de ejecución frecuente.

- 5 En un ejemplo, el conjunto de tratamiento de tareas se incorpora como un conjunto de frecuencias de tratamiento del sistema global. Por tanto, todas las tareas distribuidas a través del sistema distribuido de nodos **S1 - S4** pueden ser cada una asignadas con una frecuencia de tratamiento de las tareas, seleccionada entre el conjunto de frecuencias de tratamiento de tareas global predeterminado. Así, todas las tareas distribuidas sobre los uno o más nodos **S1 - S4** son cada una asignada con una frecuencia de tratamiento y / o un periodo de tiempo de tratamiento, determinado a partir del conjunto de frecuencias de periodos de tratamiento globales.

En un ejemplo, la frecuencia de tratamiento de tareas de cada tarea específica puede seleccionarse sobre la base de las veces en que los datos de entrada son actualizados y las veces en que los datos de entrada posteriores cambian de manera considerable en su valor de parámetro.

- 15 En un ejemplo, la frecuencia de tratamiento de tareas de cada tarea específica puede ser seleccionada sobre la base de las veces en que los datos de salida procedentes del proceso se requieren por otras partes del sistema

En un ejemplo, la frecuencia de tratamiento de tarea de cada tarea específica puede ser seleccionada sobre la base de una combinación de las veces en que los datos de entrada son actualizados y de las veces en que los datos de entrada posteriores son modificados de manera considerable en su valor de parámetro y / o de las veces en que los datos de salida procedentes del proceso son requeridos por otras partes del sistema.

- 20 En un ejemplo, las informaciones que se quieran suministrar al módulo **40** de datos de configuración asociados con cada uno de los nodos **S1 - S4** del sistema diana pueden construirse y / o gestionarse utilizando un conjunto de archivos de configuración. El conjunto de archivos de configuración puede suministrar diversos elementos del sistema informático de aviónica distribuido con informes de configuración relacionadas con la programación, el acceso a memoria y la comunicación. El conjunto de archivos de configuración puede, por ejemplo, proporcionar las informaciones al sistema operativo OS y / o a las interfaces con el hardware y / o con otros componentes de los respectivos nodos **S1 - S4** del sistema. La construcción del conjunto de archivos de configuración puede llevarse a cabo de diversas formas utilizando formas distintas. Los archivos de configuración pueden, por ejemplo, consistir en la programación de declaraciones de datos de lenguaje, en forma de lenguaje de composición general, como por ejemplo en Lenguaje de Composición eXtensible (XML), o en algún formato de propietario basado en texto.

- 30 En un ejemplo, el conjunto de archivos de configuración puede ser construido utilizando unas herramientas de desarrollo basadas en modelo.

En un ejemplo, un primer subconjunto del conjunto de archivos de configuración puede ser automáticamente generado en base a un segundo subconjunto del conjunto de archivos de configuración.

- 35 Los datos de configuración procedentes de los archivos de configuración asociados con la partición del conjunto de aplicaciones y otros atributos relacionados con el sistema operativo OS pueden posteriormente quedar unidos a y compilados con un código de fuente asociado con, por ejemplo, el conjunto de aplicaciones para suministrar archivos ejecutables en un formato legible por máquina.

En un ejemplo, los archivos de configuración pueden ser compilados en un formato binario utilizando un compilador certificado de la norma RTCA DO-178B.

- 40 En un ejemplo, un subconjunto del conjunto de archivos de configuración puede estar asociado con una implementación ARINC 653 asociada con cada uno de los nodos **S1 - S4**. El subconjunto de archivos de configuración puede describir las características de particiones, sus interacciones y sus exigencias de tiempo y recursos. Después de que el subconjunto de los archivos de configuración sea cargado y procesado, el RTOS basado en la ARINC 653 asociado con cada uno de los nodos **S1 - S4** puede suministrar el soporte de comportamiento ARINC 653 asignando una memoria de las particiones del sistema, estableciendo unas estructuras de protección de memoria y asignando otros recursos del sistema.

- 45 En un ejemplo de la presente invención, pueden construirse datos de configuración adicionales a partir de un conjunto de archivos de configuración que comprendan una serie de subconjuntos de archivos de configuración. Cada uno de los conjuntos de archivos de configuración puede comprender uno o más archivos de configuración asociados con uno entre un grupo que comprenda una topología hardware del sistema, topología software, mensajes de datos, temporización del sistema y aplicaciones.

- 50 En un ejemplo, cada uno de los archivos de configuración del subconjunto de archivos de configuración puede ser utilizado como datos de entrada para un conjunto de herramientas operativas. El conjunto de herramientas operativas puede estar dispuesto para procesar informaciones extraídas de uno o más de cada uno de los archivos de configuración para suministrar automáticamente los datos de configuración adicionales relacionados con, por ejemplo, la conectividad entre el conjunto de aplicaciones.

- 55

En un ejemplo, el conjunto de herramientas operativas puede estar dispuesto para suministrar datos de configuración legibles por máquina asociados con la conectividad. Los datos de configuración legibles por máquina asociados con la conectividad pueden comprender instrucciones relacionadas con el tráfico de E / S para el control de diversos mecanismos de E / S dispuestos para operar dentro del sistema informático de aviónica distribuido, como por ejemplo al menos una partición de E / S o un procesador de E / S asociado con uno o más de cada uno de los nodos **S1 - S4**.

Como resultado de las operaciones del conjunto de herramientas operativas, el programa de tráfico pre-configurado puede ser generado automáticamente fuera de línea para cada uno de los nodos **S1 - S4** como descripción estática de las transacciones de red dentro de un periodo del bus mayor que sea periódicamente repetido. El programa de tráfico pre-configurado se determina estáticamente, esto es, se predetermina a partir de la asignación de cada uno de los uno o más mensajes de datos dentro de la pluralidad de ranuras de tiempo de comunicación cuando cada uno de los uno o más mensajes de datos es enviado a la red **2**. Así mismo, se predetermina cuál de los uno o más mensajes de datos que comprenden cuál de los uno o más de datos variables. El programa de tráfico pre-configurado puede ser generado para un sistema informático de aviónica distribuido predeterminado en base a los archivos de configuración que comprendan los datos de configuración asociados con la configuración del hardware y del software.

Las herramientas operativas pueden, en un ejemplo, ser implementadas como software que opere en un entorno informático separado del sistema informático de aviónica distribuido.

En un ejemplo, un sistema anfitrión está dispuesto de acuerdo con un ejemplo de la invención. El sistema anfitrión puede comprender un hardware estándar asociado con uno o más ordenadores de propósito general, por ejemplo un hardware encontrado en una estación de trabajo típica, ordenador de escritorio, ordenador portátil o servidor. El sistema anfitrión puede comprender una pluralidad de ordenadores de propósito general interconectados en una red. El sistema anfitrión puede comprender uno o más sistemas operativos de propósito general (GPOS) para suministrar una interfaz a los servicios procedentes de uno o más ordenadores de propósito general. Cada uno de los uno o más ordenadores de propósito general puede comprender unos componentes típicos como por ejemplo uno o más procesadores, memorias, paneles de interconexión u otros componentes adicionales conocidos en la técnica.

En un ejemplo, el sistema operativo OS anfitrión puede ser un GPOS no en tiempo real, como por ejemplo el sistema Windows® XP OS disponible en Microsoft Corporation, MAC OS Sistema X disponible en Apple Computer, Solaris OS disponible en Sun Microsystems, UNIX disponible en varias fuentes o Linux disponible en diversas fuentes.

Con referencia a la **fig. 7** en ella se ilustra una estructura **110** de simulación dispuesta para ser orquestada dentro del sistema anfitrión de acuerdo con un ejemplo de la presente invención. La estructura de simulación está dispuesta para situarse en interfaz con el sistema OS y el hardware asociado con el sistema anfitrión para suministrar una interfaz para ejecutar una o más aplicaciones **A1 - A4** asociadas con el sistema diana en base a un código de fuente de aplicaciones no modificado o unos binarios no modificados asociados con una o más aplicaciones, en la que los binarios son compilados para el sistema diana. Mediante el suministro de la interfaz para ejecutar las una o más aplicaciones **A1 - A4** utilizando un código de fuente de aplicaciones no modificado o unos binarios no modificados compilados para el sistema diana, la estructura **110** de simulación proporciona unos medios para la simulación basada en el anfitrión del comportamiento de las una o más aplicaciones orquestadas en el sistema diana.

En un ejemplo, la estructura **110** de simulación puede suministrar unos medios para la simulación basada en el anfitrión de la interacción entre las una o más aplicaciones asociadas con el sistema diana y con el conjunto de subsistemas **AVS** acoplado al sistema diana.

En un ejemplo, con el fin de suministrar la interfaz de ejecución de las una o más aplicaciones software diana, la estructura de simulación está dispuesta para suministrar una serie de servicios del sistema necesarios para la ejecución de las aplicaciones software diana en base al código de fuente de aplicaciones software diana no modificadas.

En un ejemplo, con el fin de suministrar la interfaz para ejecutar las una o más aplicaciones software diana en un formato binario no modificado compilado para el sistema diana, la estructura de simulación puede estar dispuesta para suministrar una simulación de un juego de instrucciones (ISS) representativa de la arquitectura del juego de instrucciones (ISA) del sistema diana.

En un ejemplo, la serie de servicios del sistema suministrados por la estructura de simulación puede corresponder a uno o más servicios del sistema definidos por la API de la especificación ARINC 653 designada como aplicación ejecutiva (APEX). Los uno o más servicios del sistema pueden, de acuerdo con la especificación, estar cada uno relacionado con una serie de categorías mayores que comprendan la gestión de la partición, la gestión del proceso, la gestión del tiempo, la comunicación intra-particiones, la comunicación inter-particiones y la comunicación sanitaria.

- 5 En un ejemplo, la estructura **110** de simulación comprende un módulo **140** de simulación dispuesto para suministrar la activación coordinada de una serie de módulos funcionales comprendidos en la estructura **110** de simulación. Los módulos funcionales pueden ser objetos software, por ejemplo objetos software ejecutables. La activación coordinada de los módulos funcionales puede referirse a la provisión de recursos de tratamiento, recursos de comunicación y recursos de memoria. El módulo **140** de simulación puede, por ejemplo, suministrar recursos de tratamiento disponibles en el sistema anfitrión a uno o más de los módulos funcionales en momentos de tiempo predefinidos de acuerdo con un programa de simulación. Uno o más módulos funcionales pueden estar activos al mismo tiempo.
- 10 En un ejemplo, el módulo **140** de simulación puede comprender un servidor de tiempo dispuesto para proporcionar un modelo de ejecución de base cíclica. En un ejemplo, el servidor de tiempo está dispuesto para dividir la capacidad global del procesador, disponible para el sistema anfitrión entre las diferentes particiones **50**, **60** asociadas con las una o más aplicaciones **A1 - A4** asociadas con el sistema diana.
- 15 En un ejemplo, la estructura de simulación comprende un módulo **141** supervisor dispuesto para proporcionar unos medios de supervisión y vigilancia de los procesos asociados con la estructura de simulación y con la serie de módulos funcionales durante la simulación activa y / o durante la configuración de la estructura **110** de simulación. A modo de ejemplo, el módulo **141** supervisor, puede estar dispuesto para visualizar la configuración y las características asociadas con el sistema diana en una primera ventana de una interfaz de usuario gráfica (GUI) y el comportamiento de las aplicaciones diana durante el tiempo de ejecución en una segunda ventana de la GUI.
- 20 La estructura de simulación puede comprender un módulo **142** de plataforma virtual dispuesto para simular uno o más componentes del sistema diana, esto es, del sistema informático de aviónica distribuido. El módulo **142** de plataforma virtual puede, por ejemplo, estar dispuesto para simular el comportamiento de una o más redes **2** y / o un bus de comunicación dispuesto para interconectar el sistema informático de aviónica distribuido. El módulo **142** de plataforma virtual puede estar dispuesto para operar en combinación con la red, esto es, con las características de comunicación suministradas a partir del módulo **145** de configuración. Las características de comunicación pueden comprender el ancho de banda, las latencias y el protocolo. A modo de ejemplo, el módulo de plataforma virtual puede estar dispuesto para simular una red Ethernet conmutada física dispuesta para implementar un protocolo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).
- 25 En un ejemplo, el módulo **142** de plataforma virtual puede estar dispuesto para proporcionar la simulación de componentes adicionales, por ejemplo, una pantalla de datos de vuelo primaria (PFD) dispuesta para proporcionar información visual en base a los flujos de datos de visualización ARINC 661 suministrados a partir de las aplicaciones diana y / o un entorno operativo físico simulado.
- 30 En un ejemplo, la estructura **110** de simulación comprende un módulo **143** de biblioteca de modelos. El módulo **143** de biblioteca de modelos comprende informaciones relacionadas con una serie de modelos físicos de uno o más sistemas a los que el sistema de control de aviónica distribuido, esto es el sistema diana, está acoplado y dispuesto para interactuar con aquél. Los modelos físicos pueden, por ejemplo, ser modelos del conjunto de subsistemas del vehículo aéreo **AVS**, por ejemplo un modelo matemático que describa un sistema de combustible con variables asociadas relacionadas con el consumo de combustible, la capacidad de combustible máxima y el suministro de combustible actual. Los modelos físicos pueden además comprender unos modelos representativos del entorno físico en el que pretende operar el vehículo aéreo. Los modelos asociados con el entorno pueden relacionarse con modelos de efectos aerodinámicos que actúen sobre vehículos aéreos en base a variables tales como las posiciones de la altitud, la altitud y las posiciones de los accionadores. Los modelos de aerodinámica pueden, por ejemplo, comprender una dinámica de vuelo de seis grados de libertad (6-DOF).
- 35 En un ejemplo, el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender un módulo de estado de los modelos. El módulo de estado de los modelos puede estar dispuesto para actualizar variables y / o estados asociados con los modelos físicos del módulo de biblioteca de modelos durante la simulación del tiempo de ejecución en respuesta a los datos recibidos y / o en respuesta a los episodios temporizados. El módulo de estados de modelos puede ser comunicativamente acoplado al módulo **142** de plataforma virtual para suministrar unos medios para una comunicación bidireccional entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos. La comunicación entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender variables relacionadas con propiedades asociadas a los modelos físicos representativos de propiedades de los subsistemas y / o del entorno del vehículo aéreo.
- 40 En un ejemplo, el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender un módulo de estado de los modelos. El módulo de estado de los modelos puede estar dispuesto para actualizar variables y / o estados asociados con los modelos físicos del módulo de biblioteca de modelos durante la simulación del tiempo de ejecución en respuesta a los datos recibidos y / o en respuesta a los episodios temporizados. El módulo de estados de modelos puede ser comunicativamente acoplado al módulo **142** de plataforma virtual para suministrar unos medios para una comunicación bidireccional entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos. La comunicación entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender variables relacionadas con propiedades asociadas a los modelos físicos representativos de propiedades de los subsistemas y / o del entorno del vehículo aéreo.
- 45 En un ejemplo, el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender un módulo de estado de los modelos. El módulo de estado de los modelos puede estar dispuesto para actualizar variables y / o estados asociados con los modelos físicos del módulo de biblioteca de modelos durante la simulación del tiempo de ejecución en respuesta a los datos recibidos y / o en respuesta a los episodios temporizados. El módulo de estados de modelos puede ser comunicativamente acoplado al módulo **142** de plataforma virtual para suministrar unos medios para una comunicación bidireccional entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos. La comunicación entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender variables relacionadas con propiedades asociadas a los modelos físicos representativos de propiedades de los subsistemas y / o del entorno del vehículo aéreo.
- 50 En un ejemplo, el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender un módulo de estado de los modelos. El módulo de estado de los modelos puede estar dispuesto para actualizar variables y / o estados asociados con los modelos físicos del módulo de biblioteca de modelos durante la simulación del tiempo de ejecución en respuesta a los datos recibidos y / o en respuesta a los episodios temporizados. El módulo de estados de modelos puede ser comunicativamente acoplado al módulo **142** de plataforma virtual para suministrar unos medios para una comunicación bidireccional entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos. La comunicación entre las una o más aplicaciones **A1 - A4** y el módulo **143** de biblioteca de modelos puede comprender variables relacionadas con propiedades asociadas a los modelos físicos representativos de propiedades de los subsistemas y / o del entorno del vehículo aéreo.
- 55 En un ejemplo, el módulo **140** de simulación está acoplado a un módulo **145** de configuración dispuesto para configurar la estructura **110** de simulación. El módulo **145** de configuración está acoplado a un módulo **144** cargador de tablas de configuración, dispuesto para importar unas tablas de configuración o unos datos de configuración que comprendan informaciones de las operaciones controladas por tablas asociadas al sistema diana y / o a las aplicaciones diana. Las tablas de configuración pueden especificar las operaciones relacionadas con el tratamiento, comunicación y acceso a memoria, estas tablas pueden ser utilizadas como entradas al gestor de configuración para definir las características del sistema diana. A modo de ejemplo, las características del sistema diana pueden comprender características asociadas con la asignación de E / S, el encaminamiento, la conversión del formato de datos, las limitaciones del ancho de banda, los formatos de datos de E / S, la programación de las particiones, la
- 60

5 asignación de la memoria, las limitaciones de la memoria, las reacciones de supervisión sanitaria y las características generales de los nodos, como por ejemplo, el tamaño de la memoria caché y el tamaño de la memoria de acceso aleatorio (RAM). Las tablas de configuración pueden, por ejemplo, ser importadas hasta el interior de la estructura **110** de simulación mediante el análisis sintáctico de los archivos de configuración de un formato XML en instrucciones legibles por máquina. El módulo de configuración está también acoplado a un módulo **146** cargador de aplicaciones dispuesto para importar las aplicaciones diana. Las una o más aplicaciones **A1 - A4** pueden ser importadas hasta el módulo **150** del servicio de aplicación en un formato no modificado, esto es, las aplicaciones diana pueden ser importadas utilizando un código fuente no modificado.

10 En un ejemplo, el módulo **145** de configuración puede estar dispuesto para configurar la conectividad entre al menos una de las una o más aplicaciones **A1 - A4** y al menos una de las variables y / o estados asociados con uno de los modelos físicos del módulo **143** de biblioteca de modelos. A modo de ejemplo, al menos una primera aplicación dispuesta para controlar la inyección de combustible en el sistema diana puede estar configurada en la estructura **110** de simulación para suministrar unos comandos de control por medio del módulo **142** de plataforma virtual a al menos un primer modelo físico descriptivo del combustible del tanque de combustible y al menos un segundo modelo físico descriptivo de la propulsión a chorro del motor. El al menos segundo modelo físico puede además ser configurado en la estructura **110** de simulación para proporcionar unas variables relacionadas con la potencia del motor actualmente suministrada, por medio del módulo **142** de plataforma virtual a al menos una segunda aplicación diana dispuesta para controlar el empuje.

20 En un ejemplo, la estructura **110** de simulación comprende un módulo **147** de ensayo dispuesto para suministrar unos medios para el ensayo funcional y de comportamiento de las una o más aplicaciones **A1 - A4** asociadas con el sistema informático de aviónica distribuido. El módulo de ensayo puede, por ejemplo, comprender una serie de guiones de ensayo predeterminados, de guiones configurables y / o de funciones de ensayo que pueden ser activados y / o manipulados por un usuario de la estructura **110** de manipulación. A modo de ejemplo, el módulo **147** de ensayo proporciona una funcionalidad de pruebas de fallas de inyección que permitan que uno o más estados de fallas sean introducidos en una o más aplicaciones diana durante el tiempo de ejecución de la simulación con el fin de aumentar la robustez del ensayo.

25 En un ejemplo, se dispone un módulo **150** de servicio de aplicaciones. El módulo **150** de servicio de aplicaciones está dispuesto como anfitrión de las aplicaciones **A1 - A4** diana particionadas agrupadas en una serie de particiones **155 - 156** virtuales asociadas con una serie de nodos **151 - 153** virtuales correspondientes a la configuración del sistema diana. El módulo **150** de servicios de aplicaciones está dispuesto para suministrar los servicios requeridos para ejecutar las una o más aplicaciones **A1 - A4** en correspondencia con las tablas de configuración diana importadas. El módulo **150** de servicios de aplicaciones puede estar dispuesto para servir como anfitrión de las aplicaciones diana en una o más áreas de memoria asociadas con el sistema anfitrión.

30 En un ejemplo, con referencia a la **fig. 8**, cada una de las una o más aplicaciones asociadas con el sistema diana están provistas de una capa **W1 - W4** envolventes. Las capas envolventes asociadas con las una o más aplicaciones **A1 - A4** están dispuestas para proporcionar una interfaz a los módulos funcionales de la estructura **110** de simulación por ejemplo el módulo **140** de simulación y al módulo **142** de plataforma virtual. Cada una entre la serie de capas envolventes está dispuesta para envolver los servicios solicitados procedentes de las una o más aplicaciones **A1 - A4** por medio de la API de APEX sobre los servicios suministrados por la estructura **110** de simulación por ejemplos los servicios relacionados con el control y la comunicación del proceso.

35 En un ejemplo, los nodos **151 - 153** virtuales del sistema anfitrión correspondientes a los nodos **S1 - S3** del sistema diana pueden ser implementados como un grupo de procesos UNIX, uno para cada partición **155 - 156** virtual asignada al respectivo nodo virtual.

40 En un ejemplo, cada una de las una o más aplicaciones **A1 - A4** puede ser implementada como cadenas POSIX. Cada una de las cadenas POSIX puede estar dispuesta para ejecutar dentro del proceso UNIX asociado con cada una de las particiones **155 - 156** virtuales.

45 En un ejemplo, un proceso **init** puede ser asociado con cada proceso UNIX. Cada uno de los procesos **init** puede quedar dispuesto para crear unas cadenas POSIX asociadas con las aplicaciones diana. Las informaciones acerca de las aplicaciones diana de cada una de las particiones virtuales, esto es, los procesos UNIX, pueden ser recuperadas por el proceso **init** por medio de las tablas de configuración asociadas con el sistema diana.

50 En un ejemplo, uno o más sub-módulos **V1 - V2** de comunicación asociados con el módulo **143** de plataforma virtual pueden estar dispuestos para ejecutar unas instrucciones de E / S software diana, como por ejemplo unas instrucciones de E / S dispuestas para ser cargadas en y ejecutadas dentro de uno o más mecanismos de E / S integrados asociados con el sistema diana. Los uno o más sub-módulos **V1 - V2** de comunicación pueden además comprender cada uno una capa de adaptación. La capa de adaptación puede estar dispuesta para suministrar unos medios de comunicación entre las aplicaciones diana que realizan su ejecución en el sistema anfitrión utilizando las rutinas corriente E / S diana en base a la provisión de una o más rutinas de sustitución. La capa de adaptación comprende unas rutinas de sustitución para rutinas de bajo nivel, por ejemplo esquemas de acceso de memoria directa (DMA), rutinas de E / S, MIL-STD 1553 e interfaces alternativas a los nodos **151 - 153** virtuales.

A modo de ejemplo, con relación al supuesto en el que los nodos **S1 - S4** asociados con el sistema diana comprenden cada uno un controlador dedicado de E / S (IOC) o un procesador dedicado de E / S (IOP) acoplado por medio de la interfaz PCIe, los uno o más sub-módulos **V1 - V2** de comunicación pueden estar dispuestos para importar y ejecutar rutinas asociadas con el IOP o IOC diana. La memoria asociada con la interfaz PCIe del sistema diana utilizada para comunicación utilizando el DMA entre los IOP / IOC y las una o más aplicaciones del sistema diana pueden, por ejemplo, ser sustituidas en el sistema anfitrión por una memoria **180 - 181** compartida. La memoria compartida puede ser implementada, por ejemplo, por una memoria compartida POSIX con el mismo tamaño de memoria y el mismo trazado de memoria que en el sistema diana. La configuración de la memoria compartida POSIX puede quedar dispuesta para ejecutarse en base a la utilización de las tablas de configuración asociadas con el sistema diana.

En el ejemplo ilustrado con referencia a la **fig. 8** una primera aplicación **A1** y una segunda aplicación **A2** asociadas con un primer nodo **151** virtual están dispuestas para comunicar con un primer sub-módulo **V1** de comunicación utilizando una primera memoria **180** compartida por medio de una primera capa **W1** envolvente asociada y una segunda capa **V2** envolvente, respectivamente. Una tercera aplicación **A3** y una cuarta aplicación **A4** asociadas con un segundo nodo **152** virtual están dispuestas para comunicar con un segundo sub-módulo **V2** de comunicación utilizando una segunda memoria **181** compartida por medio de una tercera capa **W3** envolvente asociada y una cuarta capa **W4** envolvente, respectivamente. La primera aplicación **A1** y la segunda aplicación **A2** están dispuestas para realizar una ejecución como primera cadena **165** y segunda cadena **175**, respectivamente, dentro de una primera partición **155** virtual. La tercera aplicación **A3** y la cuarta aplicación **A4** están dispuestas para realizar una ejecución como tercera cadena **166** y cuarta cadena **176**, respectivamente, dentro de una segunda partición **156** virtual. La partición **155 - 156** virtual puede ser implementada como procesos UNIX y las aplicaciones **A1 - A4** diana pueden ser implementadas como cadenas POSIX. El primer sub-módulo **V1** de comunicación y el segundo sub-módulo **V2** están dispuestos para suministrar unos medios de comunicación entre el primer nodo **151** virtual y el segundo nodo **152** virtual. La comunicación puede obtenerse entre los primero y segundo nodos **151 - 152** virtuales en base a una tercera memoria **185** compartida. La comunicación que utilice la tercera memoria **185** compartida y / o las rutinas adicionales asociadas con la capa de adaptación del primer sub-módulo **V1** de comunicación y del segundo sub-módulo **V2** de comunicación puede sustituir la comunicación asociada con el sistema diana utilizando una red Ethernet conmutada física que interconecte los módulos **S1 - S4**.

En un ejemplo, los sub-módulos **V1 - V2** de comunicación están dispuestos para suministrar la simulación de comunicación de inter-partición utilizando el muestreo ARINC 653 y / o los puertos de la espera en la cola.

En un ejemplo, el módulo **140** de simulación puede utilizar objetos de sincronización tales como semáforos para coordinar la activación de los módulos funcionales.

En un ejemplo, el módulo **140** de simulación puede estar dispuesto para implementar un protocolo de pertenencia dispuesto para coordinar la activación, esto es, la ejecución de los módulos funcionales y / o de los procesos componentes asociados con los módulos funcionales. Los procesos componentes asociados con los módulos funcionales pueden, por ejemplo, comprender las cadenas POSIX y / o los procesos UNIX.

En un ejemplo, los módulos funcionales y / o los procesos componentes asociados con los módulos funcionales están dispuestos para solicitar un tiempo de ejecución a través del servidor de tiempo. El servidor de tiempo está dispuesto para controlar la progresión del tiempo del sistema diana simulado y determinar cuál de los módulos funcionales y / o de los procesos componentes asociados con los módulos funcionales que, por orden, están a continuación, deben ser liberados, esto es, ejecutados.

En un ejemplo, cada uno de los miembros puede estar dispuesto para solicitar un tiempo de ejecución a partir del servidor de tiempo en base a los datos de configuración asociados con el sistema diana. A modo de ejemplo, cada miembro puede solicitar reiteradamente un tiempo de ejecución en base al periodo o la frecuencia de tratamiento asignadas a los componentes de tratamiento, por ejemplo, tareas, cadenas y / o procesos asociados con el miembro.

En un ejemplo, las filas en cola de mensajes son utilizadas para enviar mensajes entre el servidor de tiempo y los miembros, esto es, los módulos funcionales y / o los procesos componentes asociados con los módulos funcionales registrados como miembros. Una cola de espera de mensajes se utiliza para cada receptor de mensajes, esto es, una cola de espera de mensajes está asociada con cada miembro. Las colas de espera de mensajes pueden ser inicializadas y creadas para todos los módulos funcionales y / o los procesos componentes asociados con los módulos funcionales de forma independiente unos de otros. La inicialización de las colas de espera de mensajes es controlada por medio de una solicitud de pertenencia procedente de los módulos funcionales y / o de los procesos componentes asociados con los módulos funcionales al servidor de tiempo, pudiendo el servidor de tiempo determinar si la pertenencia existe ya o no. En un ejemplo, una cola de espera global pre-configurada es inicializada por medio del servidor de tiempo para controlar todas las solicitudes entrantes hacia el servidor de tiempo.

Cuando los módulos funcionales y / o los procesos componentes asociados con los módulos funcionales solicitan un tiempo de ejecución del servidor de tiempo, los módulos funcionales y / o los procesos componentes asociados con el módulo funcional están dispuestos para escuchar a si la cola de espera de mensajes asociada para un mensaje

- 5 enviado desde el servidor de tiempo que garantiza al miembro el permiso de ejecución. Antes de que se envíe el mensaje que garantiza el miembro el permiso de ejecución, procedente del servidor de tiempo, el miembro estará en el modo de bloqueo. Así, las lecturas de la cola de espera de mensajes de bloqueo pueden ser utilizadas como mecanismo para detener la ejecución del miembro hasta que el servidor de tiempo garantiza al miembro el permiso de ejecución. Después de que cada miembro ha completado su tratamiento, esto es, su ciclo de ejecución, el miembro solicitará un nuevo tiempo de ejecución y cesará de escuchar el mensaje que garantiza al miembro el permiso de ejecución.
- En un ejemplo, las operaciones de lectura y escritura pueden llevarse a cabo hacia las filas de espera de mensajes tanto en el modo de bloqueo como en el modo de desbloqueo.
- 10 En un ejemplo, una máquina de estados es utilizada para procesar las solicitudes procedentes de los miembros que llegan por medio de la fila en espera global configurada, asociadas con el servidor de tiempo. La máquina de estados está dispuesta para registrar las informaciones relacionadas con los miembros en un módulo de miembros y determinar el orden de ejecución en un módulo programador. Las informaciones relacionadas con los miembros pueden comprender los datos de identidad y programación. El servidor del tiempo está dispuesto para llevar a cabo unas transiciones entre al menos dos estados asociados a la máquina de estados. Un primer estado, también designado como un estado en espera, comprende la espera para que los mensajes lleguen sobre su fila en espera de mensajes asociada. Cuando el servidor de tiempo recibe un mensaje y, a continuación, desempaqueta el mensaje, se lleva a cabo una transición a un segundo estado. Cuando se lleva a cabo la acción por ejemplo del proceso de ejecución solicitado por el mensaje, el servidor de tiempo retorna al primer estado.
- 15 En un ejemplo, el módulo **142** de plataforma virtual puede estar dispuesto para solicitar un tiempo de ejecución del módulo **140** de simulación en base a los datos de configuración asociados con uno o más protocolos de comunicación. A modo de ejemplo, el módulo **142** de plataforma virtual puede estar dispuesto para solicitar la ejecución en base al tiempo sobre uno o más episodios temporizados procedentes de un tráfico de programas de ranuras de tiempo predeterminado, programa asociado con el sistema diana. El tiempo de ejecución puede ser solicitado por medio del módulo **142** de plataforma virtual utilizando la capa de adaptación.
- 20 En un ejemplo, en respuesta a la recepción del tiempo de ejecución para un episodio concreto temporizado, el módulo **142** de plataforma virtual puede estar dispuesto para determinar qué variables enviar al módulo de estados de modelos.
- 25 En un ejemplo, en respuesta a la recepción del tiempo de ejecución para un episodio temporizado particular, el primer submódulo **V1** de comunicación del módulo **142** de plataforma virtual puede estar dispuesto para determinar qué variables enviar al módulo de estados de modelos y / o al segundo sub-módulo **V2** de comunicación.
- 30 En un ejemplo, el módulo de estados de modelos asociado con el módulo **143** de biblioteca de modelos puede estar dispuesto para solicitar el tiempo de ejecución del módulo **140** de simulación.
- 35 En un ejemplo, la biblioteca de estados de modelos puede estar dispuesta para solicitar el tiempo de ejecución del módulo **140** de simulación sobre una base periódica, por ejemplo sobre una base de 40 Hz.
- En un ejemplo, la biblioteca de estados de modelos puede estar dispuesta para solicitar un tiempo de ejecución del módulo **140** de simulación en base a uno o más episodios temporizados del programa de tráfico de programación de ranuras de tiempo predeterminado asociado con el sistema diana que determine el flujo de datos, esto es, las variables recibidas del módulo **142** de plataforma virtual.
- 40 En un ejemplo, el módulo de estados de modelos puede estar dispuesto para solicitar un tiempo de ejecución en base a las propiedades del modelo físico, por ejemplo, una etapa de tiempo fijo o variable asociada con una o más ecuaciones diferenciales asociadas con los modelos físicos.
- 45 En un ejemplo, en respuesta a la recepción del permiso de ejecución, el módulo de estados de modelos puede estar dispuesto para procesar uno o más de los modelos físicos para suministrar las variables actualizadas en base a las variables recibidas y / o en base a la progresión del tiempo.
- 50 En un ejemplo, el servidor de tiempo puede estar dispuesto para implementar un tiempo del sistema diana simulado, pero siempre incrementándolo. El tiempo del sistema diana simulado puede ser controlado por el servidor de tiempo en base a la recepción de las solicitudes de tiempo procedentes de los miembros y al desplazamiento del tiempo de avance hasta el siguiente tiempo solicitado. Así, el tiempo diana simulado avanza lo más rápido posible con respecto a la carga de trabajo actual y a los recursos de computación disponibles asociados con el sistema anfitrión. Así, el tiempo del sistema diana simulado refleja la diferencia de capacidad entre los recursos de tratamiento asociados con el sistema anfitrión y el sistema diana con el fin de mantener una secuencia correcta del flujo de datos en relación con el sistema diana.
- 55 En un ejemplo, el servidor de tiempo puede comprender un programador para determinar el orden correcto de la ejecución de los miembros. El orden puede ser calculado en base a los tiempos de inicio solicitados y / o a los tiempos finales esperados enviados hacia el servidor de tiempo por los miembros. Cada vez que uno o más de los

miembros efectúa una ejecución o solicita tiempo para ejecutar la máquina de estados está dispuesto para consultar al programador para determinar cuál sea el miembro que debe ser ejecutado por orden a continuación. Los tiempos de inicio solicitados y / o los tiempos finales esperados pueden ser incluidos en los mensajes hasta el servidor del tiempo por los miembros.

- 5 En un ejemplo, los tiempos de inicio solicitados y / o los tiempos finales esperados pueden ser determinados a partir de las tablas de configuración asociadas con el sistema diana.

En un ejemplo, el servidor de tiempo está dispuesto para situarse en estado de espera hasta que todos los miembros registrados hayan solicitado la ejecución de un tiempo.

- 10 En un ejemplo un factor de escala puede ser aplicado al tiempo del sistema diana simulado asociado con el servidor de tiempo para posibilitar la aceleración o ralentización de la ejecución de las aplicaciones diana. El factor de escala puede ser modificado durante la ejecución por la interacción con el módulo **145** de configuración.

- 15 En un ejemplo, el sistema anfitrión puede comprender unos módulos adicionales dispuestos en el módulo **143** de biblioteca de modelos y / o el módulo **140** de simulación para proporcionar la posibilidad de vuelo virtual. Los módulos adicionales pueden comprender informaciones y componentes de procesamiento dispuestos para proporcionar mapas medioambientales y gráficos tridimensionales en respuesta a la orquestación de las aplicaciones diana en el sistema anfitrión y / o en respuesta a los comandos de control de entrada. Los módulos adicionales pueden así mismo comprender informaciones y / o componentes de tratamiento dispuestos para proporcionar escenarios de misión virtuales y / o escenarios operativos, para posibilitar que sin operador realice misiones virtuales en vuelo. Los escenarios de misiones pueden, por ejemplo, incluir entidades tales como oponentes virtuales y / o "amigos". Esto permite que operadores tales como los pilotos ensayen la funcionalidad de los sistemas antes de implementarlos con el sistema diana.

- 25 En un ejemplo, el sistema anfitrión puede estar acoplado a un ensamblaje de cabina de piloto de un ensamblaje fingido. El conjunto fingido de la cabina del piloto puede comprender muchos componentes típicamente encontrados en la cabina del piloto de vehículos aérea, por ejemplo mandos de ajuste, palancas de mando, dispositivos visualizadores y calibradores. Los componentes pueden estar acoplados al sistema anfitrión para obtener unos medios para un vuelo simulado en tiempo real en base a la orquestación de la aplicación diana del sistema anfitrión.

- 30 En un ejemplo, el sistema anfitrión puede comprender una memoria no volátil, un dispositivo de tratamiento de datos, como un microprocesador y un memoria de lectura / escritura. La memoria no volátil presenta una primera porción de la memoria en la que un programa informático, por ejemplo un sistema operativo, está almacenado para controlar la función del sistema informático de aviónica distribuido. Así mismo, el sistema anfitrión comprende un controlador de bus, un puerto de comunicación en serie, un medio de E / S un convertidor A / D, una entrada de fecha y hora y una unidad de transmisión, un contador de episodios y un controlador de interrupciones. La memoria no volátil presenta también una segunda porción de la memoria.

- 35 Se incorpora un programa informático que comprende unas rutinas para controlar la función del sistema informático de aviónica distribuido. El programa puede estar almacenado de manera ejecutable o en estado comprimido en una memoria separada y / o en la memoria de lectura / escritura.

Cuando se declara que el dispositivo de tratamiento de datos lleva a cabo una determinada función, se debe entender que el dispositivo de tratamiento de datos lleva a cabo una parte determinada del programa almacenado en la memoria separada o una parte determinada del programa almacenado en la memoria de lectura / escritura.

- 40 El dispositivo de tratamiento de datos puede comunicar con un puerto de datos por medio de un primer bus de datos. La memoria no volátil está adaptada para su comunicación con el dispositivo de tratamiento de datos por medio de un segundo bus de datos. La memoria separada está separada para comunicar con el dispositivo de tratamiento de datos por medio de un tercer bus de datos. La memoria de lectura / escritura está adaptada para comunicar con el dispositivo de tratamiento de datos por medio de un cuarto bus de datos.

- 45 Cuando los datos son recibidos en el puerto de datos, quedan temporalmente almacenados en la segunda porción de la memoria. Cuando los datos de entrada recibidos han sido temporalmente almacenados, el dispositivo de tratamiento de datos se regula para llevar a cabo la ejecución del código de la manera anteriormente descrita. De acuerdo con un ejemplo, los datos recibidos en el puerto de datos comprende informaciones relacionadas con las aplicaciones diana para su importación en el sistema anfitrión, los datos de configuración asociados con el sistema diana y los datos de configuración asociados con las interacciones entre el sistema diana y las aplicaciones diana. Estas informaciones pueden ser utilizadas por el sistema anfitrión para orquestar la aplicación diana asociada con el sistema diana, esto es, el sistema informático de aviónica distribuido dispuesto en el sistema anfitrión para simular y / o ensayar el comportamiento de las aplicaciones diana orquestadas en el sistema diana.

- 55 Un ejemplo de la invención se refiere a un programa informático que comprende un código de programa para llevar a cabo las etapas procedimentales representadas con referencia a la **fig. 9**, cuando el programa informático es ejecutado en un ordenador.

Un ejemplo de la invención se refiere a un producto de programa informático que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador para llevar a cabo las etapas procedimentales representadas con referencia a la **fig. 9**, cuando el programa informático es ejecutado en el ordenador.

5 Un ejemplo de la invención se refiere a un producto de programa informático directamente almacenable en una memoria interna de un ordenador que comprende un programa informático para llevar a cabo las etapas procedimentales representadas con referencia a la **fig. 9**, cuando el programa informático es ejecutado en el ordenador.

10 La **fig. 9** ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de la presente invención. Este ejemplo se refiere a la simulación y / o ensayo de una serie de aplicaciones particionadas dispuestas para ser periódicamente ejecutadas en un sistema diana, en el que el sistema diana es un sistema de aviónica distribuido de un vehículo **1** aéreo.

15 En una primera etapa procedimental **S500**, las aplicaciones diana son importadas hasta el sistema anfitrión. Esto significa que las una o más aplicaciones asociadas con el sistema diana son importadas hasta el sistema anfitrión en forma no modificada, por ejemplo utilizando un código de fuente no modificado o un código de fuente compilado utilizando un compilador, compatible con el sistema diana, esto es, un entorno informático de control distribuido. Después de la etapa procedimental **S500**, se lleva a cabo una etapa procedimental **S510** posterior.

20 En la etapa procedimental **S530**, se coordina la activación de los módulos funcionales. Esto significa que los miembros solicitan un tiempo de ejecución del módulo **140** de simulación. Cada solicitud de tiempo de ejecución comprende unas informaciones sobre el momento en el tiempo en el que el miembro está programado para el comienzo de la ejecución. El módulo **140** de estimulación a continuación, garantiza el permiso para que el miembro realice la ejecución y ajuste el tiempo del sistema diana simulado hacia delante hasta el momento en el tiempo solicitado por el miembro. En el módulo **140** de estimulación controla la orden de ejecución entre los miembros a base del momento de tiempo solicitado para ejecutar el tiempo del sistema diana simulado actual. Después de la etapa procedimental **S530**, se lleva a cabo una etapa procedimental **S540** posterior.

25 En la etapa procedimental **S540** se ofrece una comunicación virtual. Esto significa que el módulo **142** de plataforma virtual y / o el sub-módulo **V1 - V2** de comunicación facilita solicitudes de permiso para ejecutar dirigidas al módulo **140** de simulación. Cada solicitud de tiempo de ejecución procedente del módulo de plataforma virtual comprende informaciones acerca del momento en el tiempo cuando el módulo de plataforma virtual está programado para iniciar la ejecución determinada a partir de los datos de configuración, relacionados, por ejemplo, con el programa de tráfico determinado. El módulo **140** de simulación garantiza entonces el permiso de ejecución en base al tiempo del sistema diana simulado actual. Después de la etapa procedimental **S540**, el procedimiento finaliza en un ejemplo y puede ser repetido comenzando con la etapa procedimental **S500** para llevar a cabo una nueva simulación o una sesión de ensayo.

35 En otro ejemplo, la etapa procedimental **S540** va seguida por la realización de una posterior etapa procedimental **S550**. En la etapa procedimental **S550** son actualizadas las variables de la biblioteca de modelos. Esto significa que el módulo **143** de la biblioteca de modelos aporta solicitudes de permiso para ejecutar dirigidas al módulo **140** de simulación. Cada solicitud de tiempo de ejecución procedente del módulo **143** de biblioteca de modelos comprende informaciones acerca del momento de tiempo en el que el módulo **143** de biblioteca de modelos es programado para iniciar la ejecución determinada a partir de los datos de configuración, relacionados, por ejemplo, con el programa de tráfico predeterminado y / o la etapa de tiempo fija o variable asociada con una o más ecuaciones diferenciales asociadas con los modelos físicos. Después de la etapa procedimental **S550** el procedimiento finaliza en un ejemplo y puede ser repetido comenzando con la etapa procedimental **S500** para llevar a cabo una nueva simulación o una sesión de ensayo.

45 Resultarán evidentes a los expertos en la materia la posibilidad de llevar a cabo modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de la invención según queda definido en las reivindicaciones. Los ejemplos fueron escogidos y descritos con el fin de explicar del mejor modo los principios de la invención y las aplicaciones prácticas posibilitando así que otros expertos en la materia comprendan la invención con arreglo a diversos ejemplos y con las diversas modificaciones adaptadas al uso concreto contemplado.

50

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica para simular y / o ensayar una serie de aplicaciones (A1 - A4) particionadas dispuestas para ser periódicamente ejecutadas sobre un sistema diana, en el que el sistema diana es un sistema de control de aviónica distribuido de un vehículo (1) aéreo, en el que cada una de las aplicaciones está dividida en una o más particiones, y en el que cada aplicación comprende una o más tareas, comprendiendo el sistema anfitrión una serie de módulos funcionales, en el que la serie de módulos funcionales comprende:
- 10 - un módulo (146) de aplicación dispuesto para importar dicha serie de aplicaciones (A1 - A4) particionadas en un formato binario no modificado compilado para el sistema diana,
- un módulo (145) de configuración dispuesto para configurar las operaciones del sistema anfitrión en base a unas tablas de configuración asociadas con el sistema diana, en el que dicha configuración de las operaciones se refiere a las especificaciones de ejecución, comunicación y acceso a la memoria asociadas con las aplicaciones (A1 - A4) particionadas,
- 15 - al menos un módulo (142) de comunicación asociado con las aplicaciones particionadas importadas dispuestas para proporcionar comunicación entre las aplicaciones particionadas y entre los procesos componentes dentro de las aplicaciones particionadas, en base a dichas tablas de configuración,
- un módulo (140) de control dispuesto para proporcionar un tiempo de ejecución coordinado con los módulos funcionales, en base a la recepción de una pluralidad de solicitudes para la el tiempo de ejecución de los módulos funcionales, en el que cada una de la pluralidad de solicitudes comprende informaciones relacionadas con el tiempo de inicio de la ejecución solicitada, en el que el módulo de control está además dispuesto para determinar el orden de ejecución entre una pluralidad de solicitudes, en base a dicho tiempo de inicio de la ejecución seleccionada,
- 20 - un módulo (150) de servicio asociado con cada aplicación (A1 - A4) particionada importada dispuesto para proporcionar servicios a las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas relacionadas con la ejecución y la comunicación por medio de una interfaz de aplicación diana estándar, en base a unas solicitudes de envoltura para servicios procedentes de las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas por medio de una serie de objetos de envoltura (W1 - W4) sobre el módulo (142) de comunicación y el módulo (140) de control, para posibilitar la ejecución de las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas y para preservar el orden temporal de los episodios relacionados con la comunicación y la ejecución, **caracterizado porque** el módulo (142) de comunicación está dispuesto para solicitar un tiempo de ejecución en base a uno o más episodios temporizados de un programa de tráfico predeterminado asociado al sistema diana, en el que las prioridades predeterminadas estáticas son asignadas a unas particiones antes del tiempo de ejecución del sistema para determinar el orden de ejecución de las particiones, de manera que, durante la trama de tiempo de ejecución para la partición específica de las una o más particiones, las tareas asociadas a la partición específica son ejecutadas de manera prioritaria y cada tarea es asignada a una frecuencia de tareas, en el que la frecuencia de procesamiento de las tareas se selecciona a partir de un conjunto de frecuencias armónico y en el que la frecuencia de procesamiento de las tareas de cada tarea específica se selecciona sobre la base de la frecuencia en que los datos de entrada son actualizados y de la frecuencia en que los datos de entrada posteriores cambian de acuerdo con su valor de parámetro y / o de la frecuencia en que los datos de salida procedentes del proceso son requeridos por otras partes del sistema.
- 25 - un módulo (150) de servicio asociado con cada aplicación (A1 - A4) particionada importada dispuesto para proporcionar servicios a las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas relacionadas con la ejecución y la comunicación por medio de una interfaz de aplicación diana estándar, en base a unas solicitudes de envoltura para servicios procedentes de las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas por medio de una serie de objetos de envoltura (W1 - W4) sobre el módulo (142) de comunicación y el módulo (140) de control, para posibilitar la ejecución de las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas y para preservar el orden temporal de los episodios relacionados con la comunicación y la ejecución, **caracterizado porque** el módulo (142) de comunicación está dispuesto para solicitar un tiempo de ejecución en base a uno o más episodios temporizados de un programa de tráfico predeterminado asociado al sistema diana, en el que las prioridades predeterminadas estáticas son asignadas a unas particiones antes del tiempo de ejecución del sistema para determinar el orden de ejecución de las particiones, de manera que, durante la trama de tiempo de ejecución para la partición específica de las una o más particiones, las tareas asociadas a la partición específica son ejecutadas de manera prioritaria y cada tarea es asignada a una frecuencia de tareas, en el que la frecuencia de procesamiento de las tareas se selecciona a partir de un conjunto de frecuencias armónico y en el que la frecuencia de procesamiento de las tareas de cada tarea específica se selecciona sobre la base de la frecuencia en que los datos de entrada son actualizados y de la frecuencia en que los datos de entrada posteriores cambian de acuerdo con su valor de parámetro y / o de la frecuencia en que los datos de salida procedentes del proceso son requeridos por otras partes del sistema.
- 30 2.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el módulo (140) de control está dispuesto para operar de acuerdo con un protocolo de pertenencia y comunica con los módulos funcionales, las aplicaciones particionadas y los procesos componentes asociados con las aplicaciones particionadas, en base a los objetos de la cola de espera de mensajes.
- 35 3.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el sistema anfitrión comprende un módulo (143) de modelos dispuesto para proporcionar una pluralidad de modelos físicos del entorno (ENV) operativo del sistema y los subsistemas diana (AVS, SENS, ACT) acoplados al sistema diana.
- 40 4.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho módulo (145) de configuración está también dispuesto para proporcionar una configuración que asocie al menos uno entre la serie de aplicaciones (A1 - A4) particionadas con al menos una variable de al menos uno entre la pluralidad de modelos físicos.

- 5.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el al menos un módulo (142) de comunicación comprende una pluralidad de sub-módulos (V1 - V2) de comunicación y el módulo (145) de configuración está también dispuesto para proporcionar una configuración que asocie al menos una de la serie de aplicaciones (A1 - A4) particionadas con al menos una variable de al menos uno entre la pluralidad de modelos físicos por medio de al menos uno entre la pluralidad de sub-módulos (V1 - V2) de comunicación.
- 6.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicha pluralidad de sub-módulos (V1 - V2) de comunicación proporciona una comunicación entre procesos componentes asociados con cada una de la serie de aplicaciones (A1 - A4) particionadas en base a al menos un primer objeto (181 - 182) de memoria compartida asociado con cada uno de la pluralidad de sub-módulos (V1 - V2) de comunicación y en el que la pluralidad de sub-módulos (V1 - V2) de comunicación proporciona una comunicación entre la serie de aplicaciones particionadas asociadas con diferentes sub-módulos (V1 - V2) de comunicación en base a un segundo objeto (185) de memoria compartida.
- 7.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos un sistema operativo asociado con el sistema diana es un sistema operativo en tiempo real y al menos un sistema operativo asociado con el sistema anfitrión es un sistema operativo de propósito general.
- 8.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la serie de aplicaciones particionadas es de aplicaciones ARINC 653 y el módulo (150) de servicio está dispuesto para proporcionar servicios ARINC 653.
- 9.- Sistema anfitrión de aplicación en aviónica de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el servicio de partición ARINC 653 es puesto en correspondencia con los procesos UNIX y las aplicaciones (A1 - A4) particionadas son ejecutadas dentro de su proceso UNIX asociado como cadenas POSIX.
- 10.- Simulador de vuelo que comprende un sistema anfitrión de aplicaciones en aviónica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el sistema anfitrión de aplicación en aviónica comprende un módulo de entrada dispuesto para proporcionar unos medios para introducir unos comandos de control asociados con operaciones de vuelo simulado y en el que el sistema anfitrión de aplicación en aviónica comprende unos medios de visualización dispuestos para proporcionar una retroalimentación visual en base a las operaciones de vuelo simulado.
- 11.- Procedimiento para simular y / o ensayar una serie de aplicaciones particionadas dispuestas para ser periódicamente ejecutadas en un sistema diana, en el que el sistema diana es un sistema de aviónica distribuido de un vehículo (1) aéreo, en el que cada una de las aplicaciones puede dividirse en una o más particiones, y en el que el cada aplicación comprende una o más tareas, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- importar las aplicaciones particionadas (S500) en un formato binario no modificado, compilado para el sistema diana, en un sistema anfitrión de aplicación en aviónica,
  - configurar unas operaciones (S510) del sistema anfitrión de aplicación en aviónica asociadas con las aplicaciones (A1 - A4) particionadas en base a la utilización de las tablas de configuración asociadas con el sistema diana,
  - inicializar las aplicaciones particionadas importadas (S520),
  - envolver las solicitudes para los servicios relacionados con la ejecución de las aplicaciones (A1 - A4) particionadas importadas por medio de unas capas envolventes para un módulo (140) de control, en base a la transmisión de al menos un mensaje que comprende informaciones relacionadas con un tiempo de inicio de la ejecución solicitada,
  - garantizar el tiempo de ejecución (S350) en base a los tiempos de inicio de la ejecución solicitada,
  - proporcionar comunicación virtual (S540) en base a la transmisión de al menos un mensaje que comprende informaciones relacionadas con un tiempo de inicio de la ejecución solicitada desde el módulo (142) de comunicación hasta el módulo (140) de control,
  - mantener un tiempo del sistema diana simulado y avanzar el tiempo del sistema diana simulado hasta, por orden, el siguiente momento de inicio solicitado, para ejecutar las aplicaciones particionadas importadas y para preservar el orden temporal de episodios relacionados con la comunicación y la ejecución

**caracterizado por las etapas de**

- solicitar, por medio del módulo (142) de comunicación, el tiempo de ejecución en base a uno o más de los episodios temporizados a partir de una programación de tráfico predeterminada asociada con el sistema diana, en el que las prioridades predeterminadas estáticas son asignadas a particiones con anterioridad al tiempo de ejecución del sistema, para determinar el orden de ejecución de las particiones, de manera que, durante la trama temporal de

ejecución para la partición específica de las una o más particiones, las tareas asociadas con la partición específica sean ejecutadas de manera prioritaria y a cada tarea le sea asignada una frecuencia de tareas,

5 seleccionar la frecuencia de procesamiento de tareas a partir de un conjunto de frecuencias armónico, en el que la frecuencia de procesamiento de tareas de cada tarea específica se selecciona sobre la base de la frecuencia en que los datos de entrada son actualizados o de la frecuencia en que los datos de entrada posteriores cambia en su valor de parámetro y / o de la frecuencia en que se requiere que los datos de salida del proceso son solicitados por otras partes del sistema.

12.- El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** comprende además las etapas de:

10 - actualizar los datos (S550), comprendiendo dichos datos las variables asociadas con una pluralidad de modelos físicos, en base a la provisión de una solicitud de un tiempo de ejecución para el procesamiento de los modelos físicos en el módulo (140) de control,

- intercambiar variables entre las aplicaciones (A1 -A4) particionadas y variables asociadas con la pluralidad de modelos físicos.

15 13.- Un programa informático que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas en un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo las etapas de procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 11 y 12.

Fig. 1

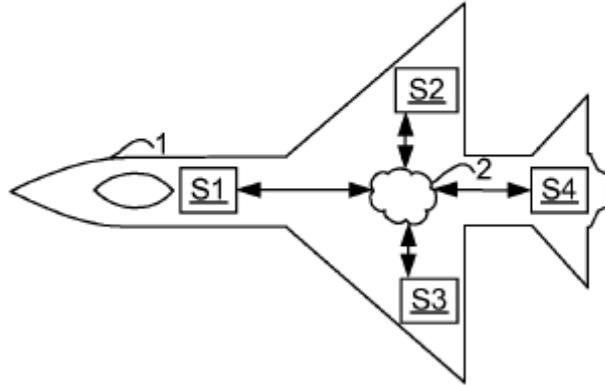


Fig. 2

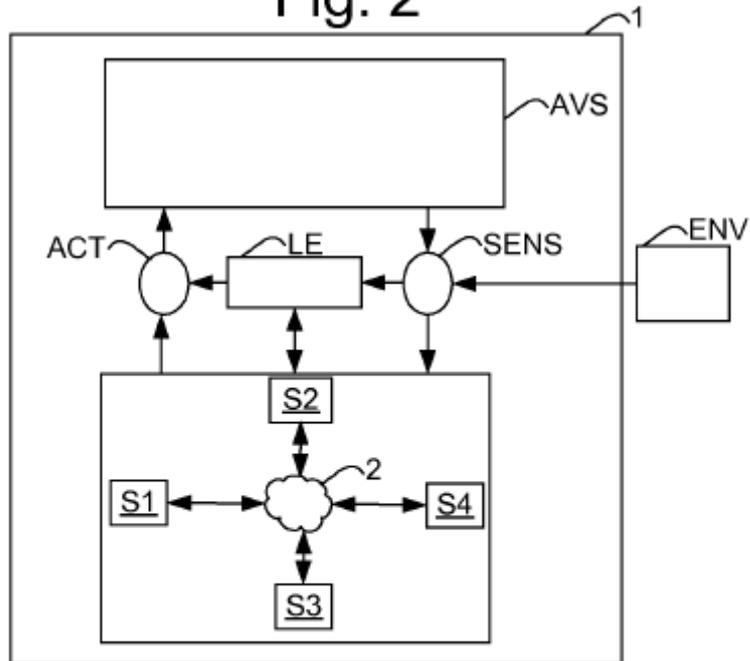


Fig. 3

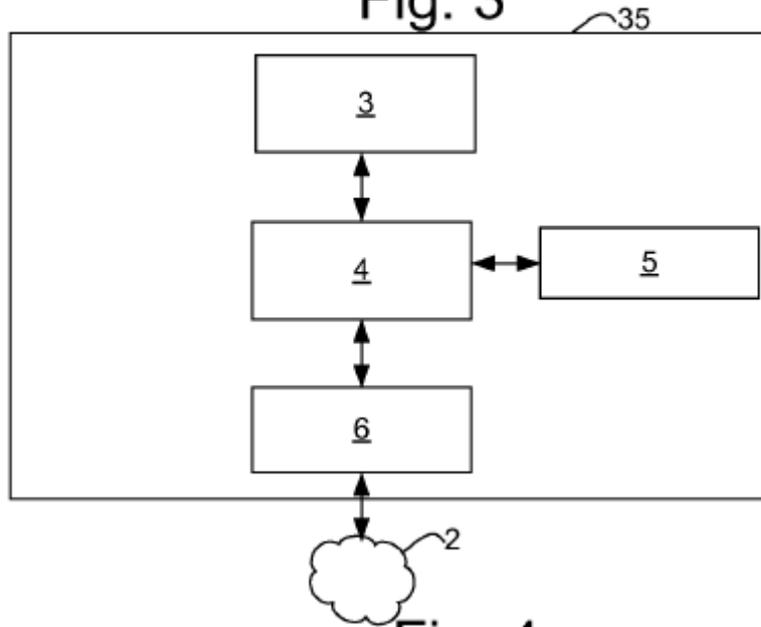


Fig. 4

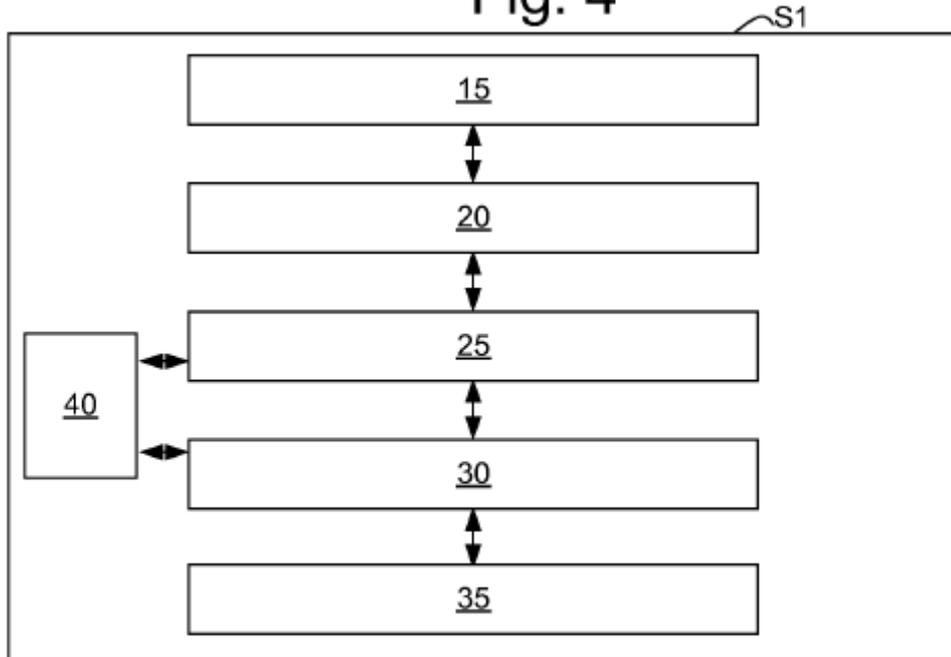


Fig. 5

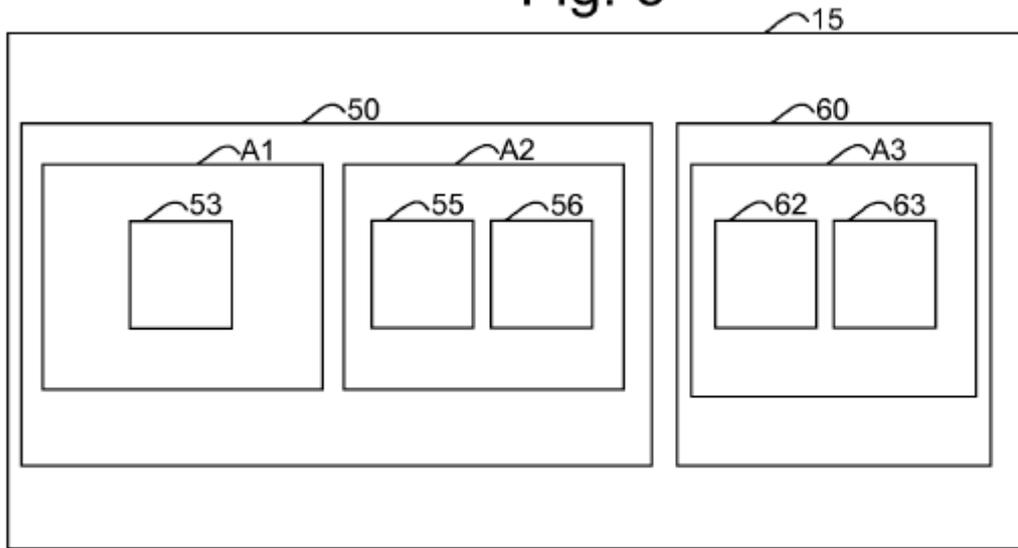


Fig. 6

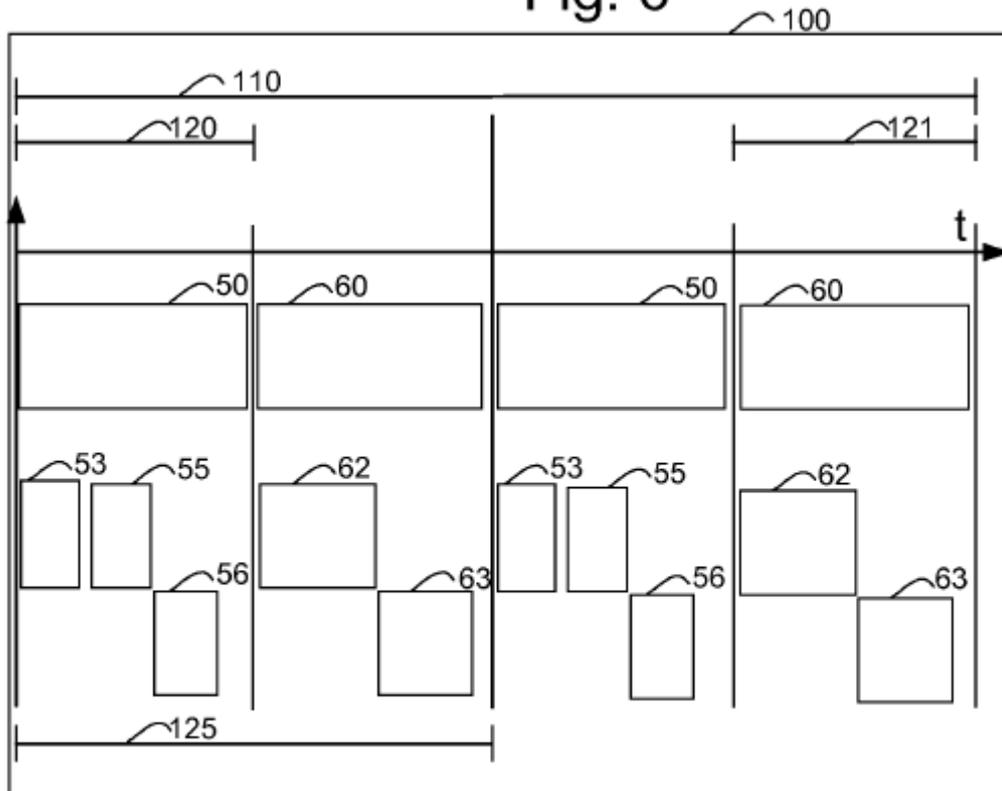


Fig. 7

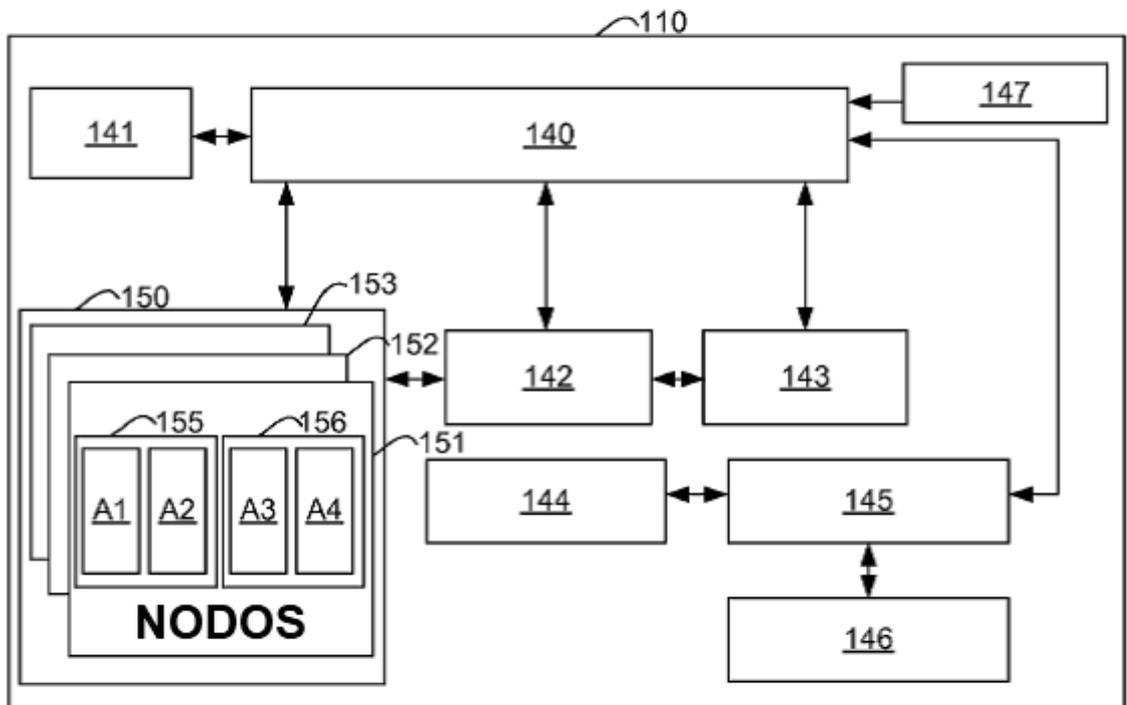


Fig. 8

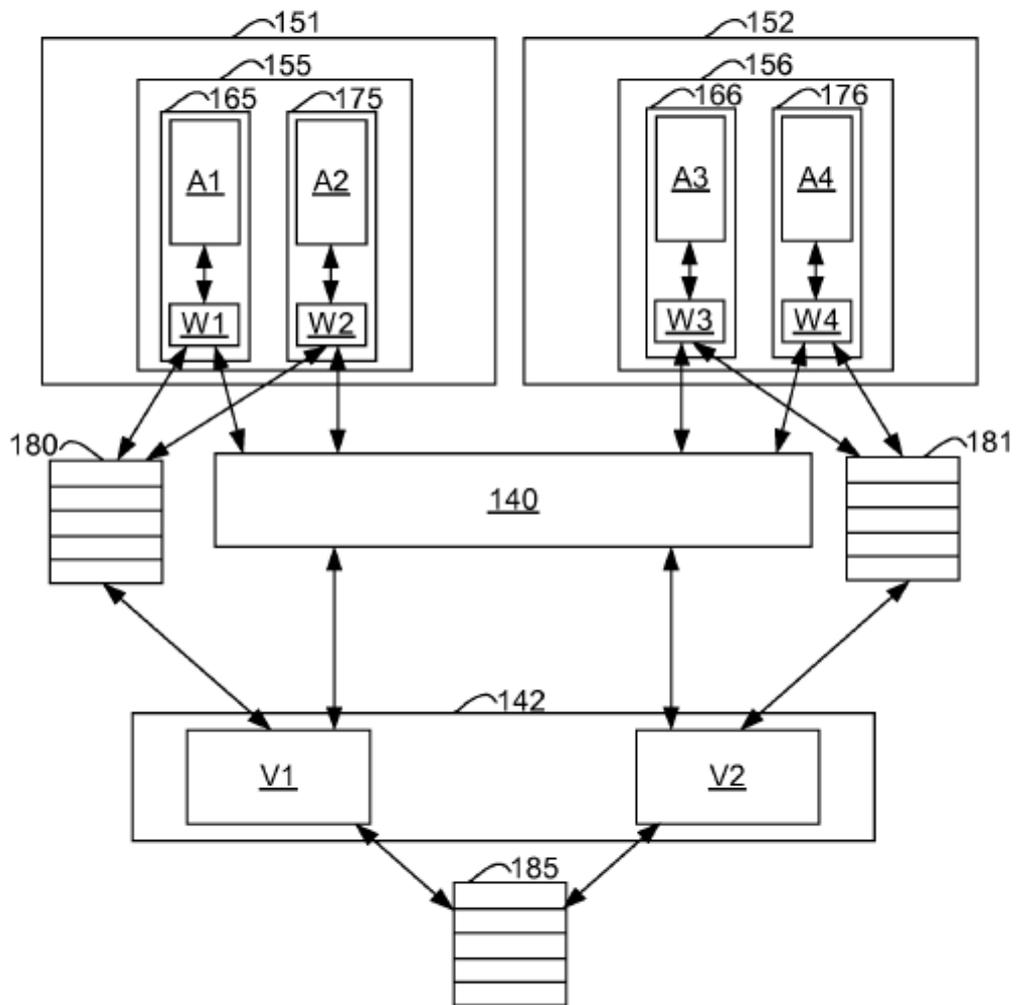


Fig. 9

