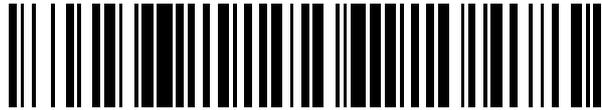


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 528**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)

G05B 19/418 (2006.01)

H04L 12/40 (2006.01)

H04L 29/14 (2006.01)

H04L 12/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2000 E 05009511 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 1560365**

54 Título: **Sistema de control orientado por bloques en Ethernet de alta velocidad**

30 Prioridad:

21.06.1999 US 139814 P

21.06.2000 US 598697

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

03.09.2013

73 Titular/es:

**FIELDBUS FOUNDATION (100.0%)
9390 RESEARCH BOULEVARD, SUITE II-250
AUSTIN, TX 78759, US**

72 Inventor/es:

**GLANZER, DAVID A;
CORLES, COLIN RICHARD;
BRODMAN, STEPHEN K;
HAWKINS, WILLIAM M;
HIRST, MICHAEL D;
KOZLIK, TONY J;
NEITZEL, LEE A;
SAWYER, RAYMOND D. y
TEGNELL, JOHAN I.**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 421 528 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de control orientado por bloques en Ethernet de alta velocidad.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a la arquitectura de un sistema de control. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema de control distribuido interoperable, abierto, en un entorno de red de alto rendimiento.

10

Antecedentes de la invención

Los sistemas de control automáticos son críticos para todos los sectores de la industria tales como el control de procesos, el control discreto, el control por lotes (de procesos y discreto combinados), el control de máquinas herramienta, el control de movimientos, y la robótica. Una de las necesidades más importantes en los sistemas de control actuales es el desarrollo y el uso de sistemas "abiertos" e "interoperables". Los sistemas interoperables, abiertos, permiten que dispositivos de control realizados por diferentes fabricantes se comuniquen entre sí y trabajen juntos en el mismo sistema sin la necesidad de una programación personalizada. "Bus de campo" es la expresión común usada para describir estos tipos de sistemas de control.

15

20

El movimiento hacia sistemas de bus de campo interoperables, abiertos, es impulsado por los fabricantes de los dispositivos y los usuarios finales. Los fabricantes desean sistemas interoperables, abiertos, ya que esto les permite vender sus productos a más usuarios finales al mismo tiempo que reduciendo los costes de desarrollo. Los usuarios finales desean sistemas interoperables, abiertos, de manera que puedan seleccionar los mejores dispositivos de control para su sistema con independencia del fabricante del dispositivo.

25

Se ha producido también una tendencia hacia la distribución de funciones de control en dispositivos inteligentes. En los sistemas de control centralizado, un controlador central realiza todas las funciones de control.

30

En sistemas de control distribuido, más de un dispositivo de control que funcione en el sistema adopta un rol activo en las funciones de control. Aunque los sistemas tanto centralizados como descentralizados usan una red de comunicaciones, los sistemas descentralizados reducen los costes globales del sistema al reducir o eliminar las funciones del controlador centralizado entre los dispositivos de control y la interfaz humano-máquina.

35

Para que los sistemas de control distribuido sean verdaderamente abiertos e interoperables, se deben especificar tanto el sistema de comunicaciones como la capa de usuario (por encima de las capas del sistema de comunicaciones) y se debe hacer que los mismos sean abiertos. Uno de los sistemas distribuidos, verdaderamente abiertos e interoperables, es el sistema de bus de campo proporcionado por la Fieldbus Foundation. La capa de usuario de bus de campo FOUNDATION™ se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente US 08/916.178 (en lo sucesivo la solicitud "178") presentada el 21 de agosto de 1997, titulada "BLOCK-ORIENTED CONTROL SYSTEM", y cedida al cesionario de la presente solicitud.

40

El bus de campo de menor velocidad de 31,25 kilobits por segundo (H1) usado por el bus de campo FOUNDATION™ ha sido descrito en parte por la Norma IEC 61158 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

45

Aunque el campo de bus FOUNDATION™ proporciona la solución abierta e interoperable para la capacidad de control del H1, existe una gran necesidad de proporcionar una solución abierta e interoperable para el control distribuido en un sistema de comunicaciones de muy alto rendimiento denominado típicamente red "dorsal" de bus de campo. La red dorsal acumula información de los dispositivos de control de menor velocidad, por ejemplo, el H1 y otros dispositivos de control, la cual se usa en aplicaciones de control de supervisión y avanzadas. La red dorsal es necesaria también para la integración de información de control en los Sistemas de Información de Gestión (MIS) de la empresa.

50

Una de las normas ampliamente aceptadas para la señalización de comunicaciones de alto rendimiento es Ethernet. Inventada por Xerox en la década de los 70, Ethernet ha progresado desde una velocidad inicial de 10 Megabits por segundo, pasando por 100 Megabits por segundo, hasta 1 Gigabit por segundo y más allá. La señalización de Ethernet se especifica en una norma (IEEE 802.3) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). La señalización de Ethernet es la tecnología subyacente usada por Internet. Los protocolos de Internet son especificados por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF) y se publican como especificaciones de Petición de Comentarios (RFC).

60

Aunque la tecnología de Ethernet/Internet proporciona los servicios básicos para una red dorsal de bus de campo de alto rendimiento, no prevé todas las funciones necesarias para su uso en sistemas de control distribuido. En particular, el IEEE y el IETF no tienen soluciones abiertas e interoperables adecuadas para la integración de sistemas de control distribuido (por ejemplo, el subsistema de H1), la sincronización de tiempo del sistema, y la tolerancia a fallos.

65

El método de transferencia de información desde buses de campo de velocidad inferior hacia Ethernet, usado por organizaciones tales como la Open DeviceNet™ Vendor Association, Inc., (*"EtherNet/IP"*) y PROFIBUS International (*"PROFINet"*), no es adecuado para su uso en el entorno de alto rendimiento ya que encapsula los paquetes de protocolo de velocidad inferior en una trama Ethernet. Este método, conocido como "tunelización", es común en sistemas de control centralizado, pero resulta inadecuado para sistemas de control distribuido de alto rendimiento. Aunque más sencilla de especificar, la tunelización requeriría demasiadas conexiones del Protocolo de Control de Transporte (TCP) con la resultante tara del procesado de interrupciones y de la memoria sobre los dispositivos conectados a la red dorsal del bus de campo. Adicionalmente, la tunelización desperdicia gran parte del ancho de banda de Ethernet ya que los paquetes de protocolo de velocidad inferior (por ejemplo, los paquetes del H1) son pequeños y, en muchos casos, la tara de los paquetes de Ethernet sería mayor que un paquete de protocolo de velocidad inferior.

Los dispositivos conectados a Ethernet deben tener un sentido común del tiempo del sistema con fines relacionados con la planificación (control) de las indicaciones de tiempo y los bloques de función. Para un control distribuido de alto rendimiento, con frecuencia el tiempo del sistema necesita tener una precisión mayor que 1 milisegundo. Hasta el momento, no existe ninguna solución conocida que proporcione esta precisión usando los Equipos de Ethernet Disponibles Comercialmente (COTS).

Para aplicaciones de control distribuido de alto rendimiento se requiere una tolerancia a los fallos de los medios y dispositivos de comunicación de Ethernet conectados a Ethernet. No existe ninguna solución conocida que proporcione la tolerancia a fallos requerida usando los equipos convencionales de Ethernet COTS. Todos los intentos anteriores por proporcionar la tolerancia a fallos requerida requieren un hardware electrónico y/o software especiales de Ethernet/Internet, y/o un dispositivo "gestor de redundancia" no convencional para añadirlos a Ethernet.

De este modo, se necesita una solución interoperable, abierta, optimizada para la integración de sistemas de control distribuido y otros dispositivos de control en una red dorsal de bus de campo de alto rendimiento.

Se necesita también una solución interoperable, abierta, que proporcione una sincronización de tiempo del sistema adecuada para aplicaciones de control distribuido que se puedan hacer funcionar a través de una red dorsal de bus de campo de alto rendimiento.

Se necesita también una solución interoperable, abierta, que proporcione una red dorsal de bus de campo, de alto rendimiento, tolerante a fallos, así como dispositivos tolerantes de fallos que estén conectados a la red dorsal de bus de campo.

J. He *et al.*: "Clock Synchronisation in Real-Time Distributed Systems based on FIP Field Bus", Second IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems, 1990, páginas 135 a 141, divulgan una técnica para sincronizar relojes físicos en un sistema de bus de campo. La parte precharacterizadora de la reivindicación 1 parte de esta técnica anterior.

H. Lönn *et al.*: "Synchronisation in Safety-Critical Distributed Control Systems", IEEE First International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing, 1995, páginas 891 a 899, divulgan un método de cadena de margarita (en inglés, "daisy chain") para sincronizar los relojes de un sistema informático distribuido.

Sumario de la invención

La invención supera las deficiencias descritas anteriormente, mediante un aparato y un método tal como se definen en las reivindicaciones 1 y 6. Las reivindicaciones subordinadas se refieren a formas de realización preferidas de la invención.

Las formas de realización de la presente invención se refieren a un sistema de control distribuido, que funciona sobre una red dorsal de alto rendimiento, por ejemplo, la tecnología COTS convencional de Ethernet e Internet. A las formas de realización de la presente invención se les hace referencia en conjunto en la presente memoria como "Ethernet de Alta Velocidad" (HSE). La HSE incluye las características del sistema de control distribuido descrito por la solicitud '178 y las especificaciones del bus de campo FOUNDATION™ (que se enumeran en el Apéndice A como Conjunto de Referencias 1), e incluye además tres protocolos nuevos descritos en las especificaciones de soporte de la misma, que se enumeran en el Apéndice A como Conjunto de Referencias 2. En particular, a los nuevos protocolos se les hace referencia en la presente memoria como: el Agente de Acceso a Dispositivos de Campo (FDA) de HSE, el Kernel de Gestión del Sistema (SMK) de HSE, y la Entidad de Redundancia de Red de Área Local (LRE) de HSE.

El Agente de FDA de HSE permite transportar servicios de Gestión del Sistema (SM) y de la Especificación de Mensajes de Bus de Campo (FMS) usados por los dispositivos H1, a través de Ethernet usando el Protocolo de Datos de Usuario (UDP) y el Protocolo de Control de Transporte (TCP) convencionales de Internet. Esto permite que

Dispositivos de HSE en Ethernet se comuniquen con dispositivos H1 que están conectados a través de un "Dispositivo de Enlace de HSE". El Agente de FDA de HSE es usado también por el Proceso de Aplicación con Bloques de Función (FBAP) local en un Dispositivo de HSE o Dispositivo de Enlace de HSE. De este modo, el Agente de FDA de HSE permite que aplicaciones remotas accedan a Dispositivos de HSE y/o dispositivos H1 a través de una interfaz común.

El SMK de HSE garantiza que en cada dispositivo se coordinan las funciones de nivel del sistema. Estas funciones incluyen tiempo del sistema, adición y eliminación de dispositivos de la red, y planificación de bloques de función. El SMK de HSE usa un reloj local que funciona para mantener un tiempo local, y mantiene la diferencia entre el tiempo local y un tiempo de sistema proporcionado por un servidor de tiempo dentro de un valor especificado por la clase de sinc de tiempo (Véase Conjunto de Referencias 1 del Apéndice A en la presente memoria). El tiempo local se usa para la indicación de acontecimientos en cuanto a tiempo de manera que los mensajes de acontecimientos desde dispositivos se pueden correlacionar a través del sistema. El tiempo local se usa también para planificar la ejecución de los bloques de función locales.

La tolerancia a fallos de HSE se logra mediante transparencia operativa, es decir, las operaciones de redundancia no son visibles para las aplicaciones de HSE. Esto es necesario ya que se requiere que las aplicaciones de HSE coexistan con aplicaciones de MIS convencionales. El LRE de HSE coordina la función de redundancia. Cada Dispositivo de HSE transmite periódicamente un mensaje de diagnóstico que representa su visión de la red hacia los otros Dispositivos de HSE en las interfaces de su Ethernet (denominadas comúnmente "Puertos" de Ethernet). Cada dispositivo usa los mensajes de diagnóstico para mantener una Tabla de Estados de Red (NST), que se usa para la detección de fallos y la selección de puertos de transmisión de Ethernet. No existe ningún "Gestor de Redundancia" central. En su lugar, cada dispositivo determina cómo debería comportarse en respuesta a fallos que detecta.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción, haciendo referencia a los dibujos, en los que:

la Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una forma de realización ejemplificativa de un sistema de control distribuido de alto rendimiento de acuerdo con los fundamentos de la presente invención;

la Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una forma de realización ejemplificativa de la arquitectura del sistema de dispositivos de un sistema de control distribuido de alto rendimiento de acuerdo con los fundamentos de la presente invención;

la Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una forma de realización ejemplificativa de la estructura de la Base de Información de Gestión de Ethernet de Alta Velocidad de la arquitectura del sistema de dispositivos mostrada en la Figura 2;

la Figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una forma de realización ejemplificativa de la arquitectura del sistema de dispositivos mostrada en la Figura 2, mostrando las diversas interfaces locales del agente de Acceso a Dispositivos de Campo de Ethernet de Alta Velocidad;

la Figura 5 es un diagrama de bloques que muestra una forma de realización ejemplificativa de las partes relevantes del sistema de control distribuido de alto rendimiento involucrado en el proceso de sincronización de tiempo de acuerdo con los fundamentos de la presente invención;

la Figura 6 es un diagrama de flujo ilustrativo de una forma de realización ejemplificativa del proceso de sincronización de tiempo de acuerdo con una forma de realización de los fundamentos de la presente invención;

la Figura 7A es un diagrama de temporización ilustrativo de un desplazamiento de tiempo de inicio antes del proceso de sincronización de tiempo de acuerdo con una forma de realización de los fundamentos de la presente invención;

la Figura 7B es un diagrama de temporización ilustrativo de un desplazamiento del tiempo de inicio después del proceso de sincronización de tiempo de acuerdo con una forma de realización de los fundamentos de la presente invención; y

la Figura 8 es un diagrama de bloques que muestra una forma de realización ejemplificativa de la topología redundante de un sistema de control distribuido de alto rendimiento de acuerdo con los fundamentos de la presente invención.

Descripción detallada de la forma de realización preferida

Se describen, con fines simplificadores e ilustrativos, los fundamentos de la presente invención haciendo referencia principalmente a formas de realización ejemplificativas, en particular, con implementaciones ejemplificativas específicas del sistema de control distribuido en una red Ethernet. No obstante, los expertos en la materia reconocerán fácilmente que los mismos principios se pueden aplicar también a, y se pueden implementar en, otras implementaciones y diseños usando cualesquiera otras redes de alta velocidad.

A: Visión general del sistema de control distribuido de HSE

Haciendo referencia a la FIG. 1, se muestra un ejemplo de un sistema de control de alto rendimiento 100 en el que se usa un equipo de Ethernet COTS convencional 130 para interconectar Dispositivos de Enlace de HSE 110 y Dispositivos de HSE 120 a una Red Ethernet 140. A su vez, los Dispositivos de Enlace de HSE 110 se conectan a Dispositivos H1 170 usando Redes de H1 150. A la Red Ethernet 140 se pueden conectar también otros tipos de equipos, tales como un Ordenador Personal (PC) 160.

La topología de la red Ethernet y la configuración de los equipos Ethernet COTS reales dependerán de las necesidades de aplicación particulares. No obstante, se puede usar cualquier topología o configuración de red Ethernet que use equipos de Ethernet COTS convencionales diferentes a la topología ejemplificativa mostrada en la Fig. 1.

A.1: Arquitectura del sistema de HSE

En la FIG. 2 se muestra la arquitectura del sistema de HSE de acuerdo con una forma de realización de los fundamentos de la presente invención. La arquitectura del sistema de HSE está diseñada para satisfacer las necesidades funcionales de los entornos de control distribuido de fabricación y procesos, de alto rendimiento, por ejemplo, en una red Ethernet de alta velocidad. Permite construir sistemas de automatización distribuidos a partir de varios dispositivos de control y medición fabricados por proveedores diferentes. La arquitectura del sistema de HSE se describe mediante componentes de arquitectura que se han adaptado a los detalles de los entornos tanto de H1 como de HSE.

Los diversos protocolos y normas a los que se hace referencia en la siguiente exposición se describen detalladamente en los manuales y especificaciones enumerados en el Apéndice A en la presente memoria, los cuales están disponibles en la Fieldbus Foundation, una organización sin ánimo de lucro con sede en Austin, Texas, y las versiones actuales correspondientes a fecha de presentación de la presente invención, que se incorporan todas ellas a título de referencia en su totalidad a la presente memoria. A continuación se describirá más detalladamente cada uno de los componentes de la arquitectura del sistema de HSE (mostrado en la Fig. 2).

A.2: Dispositivo de Campo Virtual del Proceso de Aplicación con Bloques de Función (FBAP VFD)

El Proceso de Aplicación (AP) es una expresión definida por el Modelo de Referencia (RM) de la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) de la Organización de Normas Internacionales (ISO), ISO 7498, para describir la parte de una aplicación distribuida que reside en un único dispositivo. La expresión se usa en la siguiente descripción para referirse a las entidades dentro de un dispositivo que ejecuta un conjunto relacionado de funciones, tales como el procesado de bloques de función, la gestión de la red, y la gestión del sistema.

El Dispositivo de Campo Virtual (VFD) es una expresión definida por la Fieldbus Foundation (Véase la Especificación de Mensajes de Bus de Campo FF-870 enumerada en el Conjunto de Referencias 1 en el Apéndice A de la presente memoria). Un VFD hace que los parámetros de un AP resulten visibles para una red de comunicaciones.

De acuerdo con los fundamentos de la presente invención, la arquitectura del sistema de HSE (mostrada en la Fig. 2) soporta el Dispositivo de Campo Virtual del Proceso de Aplicación con Bloques de Función (FBAP VFD) 260. El VFD de FBAP 260 proporciona unos medios comunes para definir entradas, salidas, algoritmos, variables de control, y el comportamiento del sistema de automatización. Puede haber múltiples VFDs de FBAP 260, por ejemplo, n VFDs de FBAP tal como se muestra, en un dispositivo para satisfacer las necesidades particulares de una aplicación. El VFD de FBAP puede estar presente o no en un Dispositivo de HSE o Dispositivo de Enlace de HSE. Si el VFD de FBAP de HSE está presente, al dispositivo se le hace referencia también en ocasiones como "Dispositivo de Campo de HSE". No obstante, en las siguientes descripciones, se considera que el VFD de FBAP está presente en el Dispositivo de HSE y el Dispositivo de Enlace de HSE, incluso si no se usa la expresión "Dispositivo de Campo de HSE".

La Fieldbus Foundation define un conjunto normalizado de clases y parámetros de bloques de función, por ejemplo, en una o más de las especificaciones enumeradas en el Apéndice A de la presente memoria. Los fabricantes de los dispositivos de control pueden añadir sus propios parámetros al conjunto normalizado de parámetros para aceptar definiciones de bloques de función adicionales a medida que se descubran nuevos requisitos, y a medida que avance la tecnología. Se puede hallar una descripción más detallada de las clases y los parámetros de los bloques de función, por ejemplo, en la Especificación del Proceso de Aplicación con Bloques de Función, Parte 1 FF-890 enumerada en el Conjunto de Referencias 1 del Apéndice A de la presente memoria.

A.3: Interfaz de H1

Cada Red de H1 150 incorporada a un Dispositivo de Enlace de HSE 110 (mostrado en la FIG. 1) requiere una interfaz de H1 240. El Puente 250 se usa para transportar mensajes de la Red de H1 directamente entre otras Interfaces de H1 240 dentro del mismo Dispositivo de Enlace de HSE 110 (mostrado en la FIG. 1). Un Dispositivo de

Enlace de HSE puede comprender, por ejemplo, un Dispositivo de HSE 120 (mostrado en la FIG. 1) que incluye por lo menos una Interfaz de H1 240.

Se puede hallar una descripción más detallada de una Interfaz de H1 en la Especificación de Mensajes de Bus de Campo FF-870, la Especificación de Subcapa de Acceso de Bus de Campo FF-821, las Especificaciones de Servicios de Enlace de Datos y de Protocolos de Enlace de Datos FF-821, 822, y la Especificación de Protocolo de Enlace de Datos para el Anexo de Funcionamiento del Puente FF-806, enumerándose todas ellas en el Conjunto de Referencias 1 del Anexo A en la presente memoria.

10 **A.4: Pila de Ethernet/Internet**

15 La arquitectura del sistema de HSE usa una Ethernet/Internet COTS convencional ("pila") 280 para la comunicación con otros dispositivos en la Red Ethernet 140. La pila de Ethernet/Internet usada por el HSE consiste en el Protocolo de Control de Anfitrión Distribuido (DHCP) 285, el Protocolo Simple de Tiempo de Red (SNTP) 286, y el Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP) 287, los cuales a su vez usan servicios del Protocolo de Control de Transporte (TCP) 283 y del Protocolo de Datos de Usuario (UDP) 284.

20 El TCP 283 y el UDP 284 usan a su vez los servicios convencionales del Protocolo de Internet (IP) 282, el cual usa las Capas de Control de Acceso al Medio (MAC) y Física (PHY) 281 de la IEEE Ethernet 802.3 convencional. La capa PHY en 281 se conecta a una o más Redes Ethernet 140.

25 Los protocolos DHCP, SNTP, SNMP, TCP, UDP e IP de Internet se especifican mediante las especificaciones de la Solicitud de Comentarios (RFC) del Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF). Las RFCs del IETF se enumeran en el Apéndice B en la presente memoria. Una norma (IEEE 802.3) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) describe las capas PHY y MAC de Ethernet. El uso específico de cada capa y el protocolo se detallan en la Especificación de Presencia de Ethernet FF-586 enumerada en el Conjunto de Referencias 2 del Apéndice A en la presente memoria.

30 Preservando el uso convencional de la pila de Ethernet/Internet, la arquitectura del sistema de HSE garantiza la interoperabilidad entre los diferentes fabricantes de pilas.

A.5: Agente de Gestión de HSE

35 Nuevamente haciendo referencia a la FIG. 2, en general, el Agente de Gestión de HSE 270 usa el DHCP 285 para adquirir una dirección IP para el dispositivo, el SNTP 286 para mantener la sincronización de tiempo con un servidor de tiempo, y el SNMP 287 para gestionar las capas de protocolos TCP, UDP, e IP. El uso del DHCP, el SNTP y el SNMP por parte del Agente de Gestión de HSE es rutinario y se ajusta a la práctica convencional conocida para aquellos familiarizados con los protocolos de Internet, por ejemplo, según la IEEE 802.3.

40 El Agente de Gestión de HSE usa el SNMP 287 para gestionar los protocolos de capas de Internet. Específicamente, el Agente de Gestión de HSE 270 proporciona acceso a la Red Ethernet a la Base II de Información de Gestión (MIB II) convencional según define el SNMPv2 en la RFC 1213 y RFC 1643 (véase Apéndice B), y según define también la Presencia de Ethernet FF-586 enumerada en el Conjunto de Referencias 2 del Apéndice A en la presente memoria.

45 De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, para ajustarse a las normas ISO, la Base de Información de Gestión de HSE (HSE MIB) 271 está compuesta por una parte convencional, que es la segunda versión de la MIB-II según se define en la RFC 1213 y una parte específica del HSE (que se define bajo el nivel empresarial privado). Para facilitar la comprensión, en la FIG. 3 se muestra la estructura detallada de la MIB de HSE 50 271. La estructura normalizada de la MIB de HSE 271 proporciona un perfil que permite interoperabilidad, consiguiendo que el dispositivo aparezca como un nodo con un buen comportamiento.

B: Parte Central de HSE

55 Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 2, la parte central del HSE 200 de la arquitectura del sistema de HSE identifica la nueva capacidad de HSE de acuerdo con los fundamentos de la presente invención. La parte central de HSE 200 proporciona las capacidades y la integración esenciales necesarias para lograr el control distribuido de alto rendimiento usando Dispositivos de HSE, Dispositivos de Enlace HSE y equipos de Ethernet COTS convencionales.

60 **B.1: Dispositivo de Campo Virtual del Agente de Gestión de Red**

La Arquitectura del Sistema de HSE incluye un VFD de Agente de Gestión de Red (VFD de NMA) 210 para cada Dispositivo de HSE y cada Dispositivo de Enlace de HSE. El VFD de NMA proporciona medios para configurar, controlar y monitorizar el funcionamiento del Dispositivo de HSE y el Dispositivo de Enlace de HSE desde la red.

La Base de Información de Gestión de Red (NMIB) 213 y la Base de Información de Gestión del Sistema (SMIB) 212 contienen información de gestión. Usando las capacidades de gestión de configuración del VFD de NMA, en la NMIB y la SMIB se fijan parámetros para soportar intercambios de datos con otros dispositivos en el sistema. Este proceso conlleva la definición de las transferencias entre dispositivos y, a continuación, la selección de las características de las comunicaciones deseadas para soportar las transferencias.

El VFD del NMA se puede configurar también para recopilar información relacionada con el rendimiento y con fallos para transferencias seleccionadas. Esta información es accesible durante el tiempo de ejecución, consiguiendo que resulte posible visualizar y analizar el comportamiento de comunicaciones de dispositivos. Si se detecta un problema, se va a optimizar el rendimiento, o se van a cambiar comunicaciones del dispositivo, entonces se puede realizar dinámicamente una reconfiguración mientras el dispositivo sigue funcionando.

Los parámetros y el comportamiento del VFD del NMA se definen adicionalmente en la Especificación de Gestión de Red de HSE FF-803 enumerada en el Conjunto de Referencias 2 del Apéndice A en la presente memoria.

B.2: Agente de Acceso a Dispositivos de Campo de HSE

A continuación se describirá el Agente de Acceso a Dispositivos de Campo (FDA) de HSE en referencia a la FIG. 4, que es la misma figura que la FIG. 2 excepto que se muestran las Interacciones Locales (291 a 299) para el Agente de Acceso a Dispositivos de Campo (FDA) de HSE 290. A continuación se describirá, en términos de estas interacciones locales, el funcionamiento del Agente de FDA de HSE.

Una de las funciones principales del Agente de FDA de HSE 290 es establecer correspondencias de servicios ya definidos para la Gestión de Sistema (SM) del bus de campo FOUNDATION™ (Véase FF-880 enumerada en el Conjunto de Referencias 1 del Apéndice A de la presente memoria) y la Especificación de Mensajes de Bus de Campo (FMS) (Véase la FF-870 enumerada en el Conjunto de Referencias 1 del Apéndice A de la presente memoria) con y desde el componente de Ethernet/Internet COTS convencional 280.

En general, el Agente del FDA del HSE 290 emula el establecimiento de correspondencias definido por la especificación de la Subcapa de Acceso de Campo de Bus del Campo de Bus FOUNDATION™ (Véase la FF-875 enumerada en el Conjunto de Referencias 1 del Apéndice A de la presente memoria). El Agente de FDA del HSE 290 proporciona la interfaz común que permite que aplicaciones remotas accedan a dispositivos de cualquier tipo tanto en las Redes de H1 150 como en la Red de HSE 140.

De este modo, el Agente del FDA de HSE 290, de acuerdo con los fundamentos de la presente invención, permite construir sistemas en donde el control está distribuido en varios Dispositivos de HSE y/o Dispositivos de H1, y cualesquiera combinaciones de los mismos, según requiera la aplicación particular del usuario final.

B.2.1: Interfaces Locales del Agente del FDA de HSE

B.2.1(a): Interfaz Local 291: TCP – La interfaz local de TCP 291 permite que el Agente del FDA de HSE 290 envíe y/o reciba mensajes de FMS usando el TCP 283. El TCP 283 proporciona interfaces modeladas como zócalos (*sockets*) a través de los cuales el Agente del FDA de HSE 290 presenta una memoria intermedia que contiene uno o más mensajes.

B.2.1(b): Interfaz Local 292: UDP – La interfaz de UDP 292 permite que el Agente del FDA de HSE 290 envíe y/o reciba mensajes de SM y ciertos mensajes de FMS usando el UDP 284. El UDP 284 proporciona interfaces modeladas como zócalos (*sockets*) a través de los cuales el Agente del FDA de HSE 290 presenta una memoria intermedia que contiene uno o más mensajes.

B.2.1(c): Interfaz Local 293: NMIB de HSE – El Agente del FDA de HSE 290 proporciona una interfaz local para la NMIB de HSE 213 en el VFD de NMA 210. El Agente del FDA de HSE es capaz de proporcionar una configuración y un acceso de solo lectura al VFD de NMA 210 a través de la Interfaz Local de NMIB de HSE 293.

B.2.1(d): Interfaz Local 294: SMIB de HSE – El Agente del FDA de HSE 290 proporciona una interfaz local para la SMIB de HSE 212 en el VFD de NMA 210. El Agente del FDA de HSE 290 es capaz de proporcionar una configuración y un acceso de solo lectura al VFD de NMA 210 a través de la Interfaz Local de SMIB de HSE 294.

B.2.1(e): Interfaz Local 295: SMK de HSE – El Agente del FDA de HSE 290 transporta servicios de SM de HSE hacia y desde el SMK de HSE 220 a través de la interfaz local del SMK de HSE 295. De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, en un Dispositivo de Enlace de HSE, el SMK de HSE 220 se comunica localmente con cada una de las interfaces de H1 240, y no usa el Agente del FDA de HSE 290.

B.2.1(f): Interfaz Local 296: LRE de HSE – El Agente del FDA de HSE 290 mantiene una interfaz local con la Entidad de Redundancia de LAN de HSE (LRE de HSE) 230 del dispositivo a través de la interfaz local de la LRE de HSE 296. Posteriormente se describirá más detalladamente el uso de la interfaz local de la LRE de HSE 296.

B.2.1(g): Interfaz Local 297: Interfaz de H1 – Solamente Agentes del FDA de HSE 290 de un Dispositivo de Enlace de HSE interactúan con la(s) Interfaz(es) de H1 240 para acceder a Redes de H1 150. La interfaz local de H1 proporciona al Agente del FDA de HSE, acceso FMS y SM a través del SMK de HSE 220.

El Agente del FDA de HSE reenvía solicitudes y respuestas FMS recibidas desde la Interacción de TCP 291 y la Interacción de UDP 292 a la Red de H1 150 a través de la(s) interfaz(es) de H1 240. El Agente del FDA de HSE reenvía también solicitudes y respuestas H1 recibidas desde una Red de H1 a través de la Interacción de la Interfaz de H1 297 a la Red Ethernet 140 usando la Interacción de TCP 291 y la Interacción de UDP 292.

De este modo, el Agente del FDA de HSE 290 interactúa con los servicios en la Red de H1 de la misma manera en la que cualquier otro programa de aplicación interactuaría normalmente con la red de H1.

B.2.1(h): Interfaz Local 298: VFD de FBAP – El Agente del FDA de HSE 290 usa la interfaz local del VFD de FBAP 298 para acceder al VFD de FBAP 260. Se comunican mensajes tanto de FMS como de SM usando la interfaz local del VFD de FBAP 298.

8.2.1. (i): Interfaz Local 299: Agente de Gestión de HSE – El Agente del FDA de HSE 290 mantiene la interfaz local del Agente de Gestión de HSE 299 con el Agente de Gestión de HSE 270 para acceder a ciertos parámetros de Calidad de Servicio asociados a sus conexiones UDP/TCP. El uso de estos parámetros por parte del Agente del FDA de HSE 290 es local con respecto a la implementación específica del UDP/TCP.

B.2.2: Funcionamiento del Agente FDA de HSE

Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 4, durante la configuración del sistema, el SMK de HSE 220 usa la interfaz local 295 para añadir dispositivos de HSE y/o H1 al sistema distribuido, y para suprimirlos de este último. Se usa un intercambio de mensajes de SM para identificar en el sistema Dispositivos de HSE y/o H1 nuevos (o que se van a suprimir).

Por ejemplo, después de que un Dispositivo de HSE nuevo reciba una dirección de Protocolo de Internet (IP), el Dispositivo de HSE nuevo anuncia periódicamente su presencia en la red Ethernet 140. Los Dispositivos de Enlace de HSE anuncian también cambios detectados en su Red de H1 150. De una manera similar, el SMK de HSE usa la interfaz local 295 para determinar la ubicación de las “etiquetas” de bloques de función que podían existir en los Dispositivos de HSE y/o los Dispositivos de H1.

Durante el funcionamiento del sistema, las funciones de adquisición de datos, de visualización y de control de supervisión, que típicamente se ejecutan en un Ordenador Personal (PC) conectado a la Red Ethernet 140, necesitarán acceder a los datos en un Dispositivo de HSE, un Dispositivo de Enlace HSE y/o dispositivos de H1 conectados a las Redes de H1 150. El acceso a datos se realiza típicamente usando los mensajes de “Cliente/Servidor” y/o “Editor/Abonado”. Estos métodos de acceso a datos son bien conocidos para aquellos familiarizados con la mensajería del Bus de Campo.

Para mensajes de Cliente/Servidor y Editor/Abonado que se originan en o van destinados al Dispositivo de HSE y/o el Dispositivo de Enlace de HSE, el Agente de FDA de HSE 290 envía y recibe los mensajes de la Red Ethernet 140 en la interfaz local 291, proporciona el establecimiento de correspondencias apropiado a servicios de FMS tal como se ha descrito previamente, y usa interfaces locales 293, 294, 296, 298, y 299 para acceder a la NMIB de HSE 213, la SMIB de HSE 212, la LRE de HSE 230, el(los) VFD(s) de FBAP 260 y el Agente de Gestión de HSE 270, respectivamente. No se accede al SMK de HSE 220 puesto que el mismo tiene sus propios mensajes de SM tal como se ha descrito anteriormente.

Para mensajes de Cliente/Servidor, Editor/Abonado y/o SM que se originan en o van destinados a la Red de H1 150, el Agente del FDA de HSE 290 usa la interfaz local 297 para enviar y/o recibir mensajes de la(s) Interfaz(es) de H1 240.

Si los mensajes de la red de H1 150 van hacia/vienen de la Red Ethernet 140, y son mensajes de Cliente/Servidor o Editor/Abonado, el Agente del FDA de HSE 290 usa el establecimiento de correspondencias FMS y la interfaz local 291. Si los mensajes de H1 hacia/desde la Red Ethernet 140 son mensajes de SM, el Agente del FDA de HSE usa el establecimiento de correspondencias SM y la interfaz local 292.

Si los mensajes hacia/desde la Red de H1 150 van hacia/vienen desde el Dispositivo de Enlace de HSE, y son mensajes de Cliente/Servidor o Editor/Abonado, el Agente del FDA de HSE usará el establecimiento de correspondencias FMS y la interfaz local apropiada (excepto las interfaces locales 291 y 292).

Si los mensajes hacia/desde la Red de H1 150 van hacia/vienen desde el Dispositivo de Enlace de HSE, y son mensajes de SM, el Agente del FDA de HSE usará el establecimiento de correspondencias SM y la interfaz local apropiada (excepto las interfaces locales 291 y 292).

B.3: Kernel de Gestión del Sistema de HSE

Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 2, la arquitectura del sistema de HSE incluye un Kernel de Gestión de Sistema (SMK) de HSE 220 para cada dispositivo de HSE y/o cada dispositivo de enlace de HSE. El SMK de HSE 220 mantiene información y un nivel de coordinación que proporciona un entorno de red integrado para la ejecución y el interfuncionamiento del VFD de FBAP 260.

Tal como se ha descrito anteriormente, el SMK de HSE 220 prevé la configuración rutinaria de cierta información básica del sistema antes del funcionamiento del dispositivo. Por ejemplo, con este fin el arranque del SMK de HSE lleva un dispositivo a través de un conjunto de fases predefinidas. Durante este procedimiento, un dispositivo de configuración del sistema reconoce la presencia del dispositivo en la red y configura información básica en la SMIB de HSE 212. Una vez que el dispositivo recibe su información de configuración básica, su SMK de HSE lo lleva a un estado operativo sin afectar al funcionamiento de otros dispositivos en la red. El mismo habilita también al Agente del FDA de HSE 290 para su uso por otras funciones en el dispositivo.

B.3.1: Sincronización del Tiempo del Sistema del SMK de HSE

Haciendo referencia a continuación a la FIG. 5, el Agente de Gestión de HSE 270 en el Dispositivo de Enlace de HSE 110 usa el SNTP 286 para interactuar con el Servidor de SNTP remoto 510 en el Dispositivo de Tiempo Principal 500 con el fin de sincronizar el Tiempo del Sistema 501' en la MIB de HSE 271' con el Tiempo del Sistema 501 en el Dispositivo de Tiempo Principal 500. Cuando el Tiempo del Sistema 501' está sincronizado con el Tiempo del Sistema 501, la Bandera de Sinc (F) 510 en la MIB de HSE se fija a verdadera por medio del protocolo SNTP convencional. El Dispositivo de Tiempo Principal y el Dispositivo de Enlace de HSE se interconectan usando equipos de Ethernet COTS, convencionales 130. Este protocolo de sincronización se define en la IETF RFC 2030.

En cualquier momento, el Tiempo Local 502 en la SMIB de HSE 212 se puede sincronizar o no con el Tiempo del Sistema 501'. Para coordinar la ejecución de bloques de función en un sistema distribuido, y para proporcionar una indicación correcta de tiempos de las alarmas de bloques de función, el Tiempo Local 502 debe estar sincronizado con el Tiempo del Sistema 501'.

Todos los bloques de funciones están sincronizados con el Inicio de Macro ciclo, "T₀" 520 en la SMIB de HSE 212. Cada Dispositivo de Enlace de HSE y Dispositivo de HSE en el sistema tiene el mismo valor para T₀. Se ejecuta un bloque de función cuando el SMK de HSE 220 emite localmente un mensaje de Inicio de Bloque de Función (FB) 221 para el bloque. Cada mensaje de Inicio de FB se genera basándose en un desplazamiento con respecto a T₀.

En el inicio del macro ciclo, T₀ y el desplazamiento para cada bloque se basan en el Tiempo Local 502. Por lo tanto, cada dispositivo debe ajustar su Tiempo Local 502 para que sea igual al Tiempo de Sistema 501' con el fin de que el sistema funcione correctamente. No obstante, puesto que cada dispositivo tiene un oscilador de reloj en hardware que no es perfecto, el Tiempo Local 502 finalmente sufrirá una deriva situándose fuera de sincronización con el Tiempo de Sistema 501'.

La Fig. 6 muestra el proceso de corrección para la deriva de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. En particular, cuando un macro ciclo finaliza en la etapa 601, el SMK de HSE 220 comprobará la Bandera de Sinc 510 en la MIB de HSE 271' en la etapa 602. Si F 510 no es verdadera, el proceso finaliza en la etapa 606.

Por otro lado, si se determina en la etapa 602, anterior a esto, que F 510 es verdadera, el SMK de HSE 220 calcula el desplazamiento entre el Tiempo Local 502 y el Tiempo de Sistema 501' en la etapa 603, y fija el Tiempo Local 502 de manera que sea igual al Tiempo de Sistema 501' dentro de un valor especificado en una clase de sinc de tiempo deseada (Véase Conjunto de Referencias 1 del Apéndice A en la presente memoria) en la etapa 604.

Una vez que se ha sincronizado el Tiempo Local 502, en la etapa 605, el tiempo de inicio (T₀) 520 (mostrado en la Fig. 5) se alinea con el tiempo de inicio de otros dispositivos.

A continuación se describirá la alineación de tiempos de inicio en referencia a las FIGs. 7A y 7B. La FIG. 7A muestra el desplazamiento de macro ciclo de un dispositivo, por ejemplo, el dispositivo N, antes de la sincronización de tiempo, en la que el desplazamiento 720 representa el error que se debe corregir en el Dispositivo de HSE N. Tal como se muestra, en este momento el Dispositivo de HSE N tiene el Tiempo Local correcto, pero el tiempo de inicio (T₀) 520' del Macro ciclo del Sistema 700' no está alineado con otros dispositivos en el sistema distribuido.

La FIG. 7B muestra el desplazamiento de macro ciclo de un dispositivo, por ejemplo, el dispositivo N, después de la sincronización de tiempo. El SMK de HSE 220 del Dispositivo N retarda el tiempo de inicio (T₀) 520' del Macro ciclo

de Sistema 700' según el Desplazamiento 720 de manera que el Macro ciclo de Sistema comienza en el mismo tiempo (T_0) 520 que, por ejemplo, el Macro ciclo de Sistema 700 en el Dispositivo de HSE 1. En este momento el Macro ciclo de Sistema del Dispositivo de HSE N está sincronizado con el Tiempo del Sistema, y el proceso de sincronización finaliza en la etapa 606 (mostrada en la FIG. 6).

B.4: Entidad de Redundancia de la Red de Área Local

Haciendo referencia a la FIG. 4, cada Dispositivo de HSE y Dispositivo de Enlace de HSE tiene una Entidad de Redundancia de Red de Área Local (LAN) de HSE (LRE de HSE) 230. La LRE de HSE proporciona tolerancia a fallos para un fallo individual a través del uso de la redundancia.

La LRE de HSE envía y recibe periódicamente Mensajes de Diagnóstico de Redundancia a través de la interfaz local 296. El Agente de FDA de HSE 290 establece correspondencias de los mensajes de Diagnóstico en las interfaces locales 291 y 292 (Véase la Especificación de Redundancia de HSE FF-593 enumerada en el Conjunto de Referencias 2 del Apéndice A en la presente memoria para los Formatos de Mensajes de Diagnóstico de Redundancia).

Los Mensajes de Diagnóstico de Redundancia se envían simultáneamente en la Red Ethernet 140 y la Red Ethernet 140'. Cada dispositivo recibe los Mensajes de Diagnóstico de Redundancia en la Red Ethernet 140 y la Red Ethernet 140', y construye una Tabla de Estados de Red (NST) local 231. La NST proporciona un estado detallado sobre la condición de cada dispositivo de HSE conectado a la Red Ethernet 140 y la Red Ethernet 140'. La LRE de HSE 230 controla qué Red Ethernet 140 ó 140' usará el Dispositivo de HSE para la transmisión de mensajes.

Con este método, todas las decisiones de transmisión de la red y de conmutación de dispositivos están distribuidas en los Dispositivos de HSE, y el sistema usa equipos de Ethernet COTS, convencionales.

La FIG. 8 ilustra la topología general soportada por el aspecto de redundancia de la presente invención. La topología mostrada es solamente un ejemplo, que muestra una de muchas posibles topologías. Se puede usar cualquier topología siempre que el comportamiento de los equipos que proporcionan Redes de Ethernet 140 y 140' sean equipos de Ethernet COTS, convencionales.

La redundancia de HSE soporta tanto redundancia de Red Ethernet como redundancia de Dispositivos de Enlace de HSE.

B.4.1: Redundancia de Red Ethernet

Haciendo referencia a la FIG. 8, los Dispositivos de HSE 120' y los Pares de Dispositivos de Enlace de HSE 110' tienen interfaces tanto con la Red Ethernet 140 como con la Red Ethernet 140'. En este ejemplo, la Red Ethernet 140 se proporciona mediante equipos de Ethernet COTS 130 y la Red Ethernet 140' se proporciona mediante equipos de Ethernet COTS 130'. Un único fallo de una cualquiera de las Redes Ethernet o una de las interfaces de Ethernet en un dispositivo de HSE provocaría que la LRE de HSE descrita previamente forzara a que las comunicaciones tuvieran lugar en la red convencional restante.

B.4.2: Redundancia de Dispositivo de Enlace de HSE

La LRE de HSE 230 soporta una redundancia del Dispositivo de Enlace de HSE. El Par Redundante de Dispositivos de Enlace de HSE 160 comprende un Dispositivo de Enlace de HSE principal 110, y un Dispositivo de Enlace de HSE de reserva 110'. Los Dispositivos de H1 170 se conectan mediante Redes de H1 150 al Par Redundante de Dispositivos de Enlace de HSE 160. Si el Dispositivo de Enlace de HSE principal 110 falla, el Dispositivo de Enlace de HSE de Reserva 110' asumirá el control. Se puede hacer que un dispositivo de HSE 120' sea redundante de la misma manera que el dispositivo de enlace de HSE 110, excepto que en un dispositivo de HSE no hay presente(s) interfaz(es) de H1.

La presente invención proporciona el formato necesario de mensajes de diagnóstico para permitir una conmutación abierta y con interfuncionamiento de las redes redundantes de Ethernet de alta velocidad y/o los dispositivos de enlace de HSE (o dispositivos de HSE) redundantes.

El método de redundancia para respaldar cada Red de H1 se describe en la solicitud '178, y por las especificaciones enumeradas en el Conjunto de Referencia 1 del Apéndice A en la presente memoria.

Tal como puede apreciarse, la arquitectura de sistema de control distribuido en la anterior descripción proporciona una solución interoperable, abierta, optimizada para la integración de sistemas de control distribuido y otros dispositivos de control en una red dorsal de alto rendimiento, proporciona una solución interoperable, abierta, que proporciona una sincronización de tiempo del sistema adecuada para aplicaciones de control distribuido operables a través de una red dorsal de alto rendimiento, y proporciona una solución interoperable, abierta, que proporciona una

red dorsal de alto rendimiento, tolerante a fallos, así como dispositivos tolerantes a fallos que están conectados a la red dorsal.

5 Las formas de realización preferidas expuestas anteriormente están destinadas a ilustrar la invención y no pretenden limitar la presente invención. Para los expertos en la materia resultarán evidentes formas de realización y ventajas adicionales dentro del alcance de la invención reivindicada.

10 Por otra parte, aunque la invención se ha descrito haciendo referencia a las formas de realización ejemplificativas de la misma, los expertos en la materia podrán aplicar varias modificaciones sobre las formas de realización descritas de la invención sin desviarse con respecto al alcance de las reivindicaciones. Los términos y descripciones usados en la presente memoria se exponen únicamente a título ilustrativo y no pretenden ser limitativos. En particular, aunque el método de la presente invención se ha descrito mediante ejemplos, las etapas del método se pueden realizar en un orden diferente al ilustrado o simultáneamente. Los expertos en la materia reconocerán que son posibles estas y otras variaciones dentro del alcance de la invención de las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

Apéndice A

20 A. 1 Conjunto de Referencias 1

Número	Revisión	Especificación
FF-801	FS 1.4	Gestión de Red
FF-806	FS 1.0	Protocolo de Enlace de Datos – Anexo de Funcionamiento del Puente
FF-821	FS 1.4	Subconjunto de Servicios de Enlace de Datos
FF-822	FS 1.4	Subconjunto de Protocolo de Enlace de Datos
FF-870	FS 1.4	Especificación de Mensajes de Bus de Campo
FF-875	FS 1.4	Subcapa de Acceso de Bus de Campo
FF-880	FS 1.4	Gestión del Sistema
FF-890	FS 1.4	Proceso de Aplicación con Bloques de Función – Parte 1

A.2 Conjunto de Referencias 2

Número	Revisión	Especificación
FF-803	FS 1.0	Gestión de Red de HSE
FF-586	FS 1.0	Presencia de Ethernet de HSE
FF-588	FS 1.0	Agente de Acceso a Dispositivos de Campo de HSE
F-589	FS 1.0	Gestión de Sistema de HSE
F-593	PS 2.0	Redundancia de HSE

25 Apéndice B

Número de RFC	Título de RFC
768	Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)
791	Protocolo de Internet (IP) Enmendada por: Extensiones de Subred IP, RFC 950 Datagramas de Difusión General IP, RFC 919 Datagramas de Difusión General IP con Subredes, RFC 922
792	Protocolo de Mensajes de Control de Internet (ICMP)
793	Protocolo de Control de Transporte (TCP)
826	Protocolo de Resolución de Direcciones de Ethernet (ARP)
894	Estructuración de Tramas Ethernet de Datagramas IP a través de Ethernet
1042	IEEE 802.2&3 Estructuración de Tramas de Datagramas IP a través de Ethernet
1112	Protocolo de Gestión de Grupos de Internet (IGMP)
1122	Requisitos para Anfitriones de Internet – Capas de Comunicación
1155	Estructura e Identificación de Información de Gestión
1157	Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP)
1213	Base II de Información de Gestión (MIB II)
1533	Opciones de DHCP y Extensiones de Proveedor de BOOTP
1541	Protocolo de Configuración Dinámica del Anfitrión (DHCP)
1643	Definiciones de Objetos Gestionados para los Tipos de Interfaz de Estilo Ethernet
2030	Protocolo Simple de Tiempo de Red (SNTP)

REIVINDICACIONES

1. Aparato interoperable abierto en un sistema de control distribuido, que comprende:

- 5 un reloj de tiempo local (502) para proporcionar un tiempo local para su uso dentro de un aparato en un sistema de control distribuido; y
- un reloj de tiempo de sistema (501, 501') para proporcionar un tiempo de sistema a través de dicho sistema de control distribuido; y
- 10 un kernel de gestión de sistema (220) para sincronizar dicho reloj de tiempo local con dicho reloj de tiempo del sistema,
- caracterizado porque el kernel de gestión de sistema (220) está adaptado para retrasar el tiempo de inicio de un macrociclo de un dispositivo en el sistema de control distribuido mediante un desplazamiento (720) para alinearlo con el tiempo de inicio del macrociclo para otro dispositivo en el sistema de control distribuido.

2. Aparato según la reivindicación 1, que comprende:

- 20 una primera interfaz de red para la comunicación con una primera red (240) que presenta una pila de protocolos de comunicaciones (280);
- un agente de acceso a dispositivos (290) para establecer una correspondencia de por lo menos un mensaje de servicio de formato heredado del sistema de control distribuido con un mensaje de formato de red compatible con la pila de protocolos de comunicaciones; y
- 25 una interfaz local de kernel de gestión de sistema (295) a través de la cual el agente de acceso a dispositivos se comunica con el kernel de gestión de sistema.

3. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una bandera de sincronización (510) que indica si el reloj de tiempo de sistema (501') está sincronizado con un tiempo global de un dispositivo de tiempo principal (500) del sistema de control distribuido.

4. Aparato según la reivindicación 3, que además comprende:

- 35 una base de información de gestión (271) que comprende el reloj de tiempo de sistema (501') y la bandera de sincronización (510); y
- una base de información de gestión de sistema (212) que comprende el reloj de tiempo local (502).

5. Aparato según la reivindicación 1, que comprende un dispositivo de tiempo principal (500) configurado para generar un tiempo global, siendo el reloj de tiempo de sistema (501') periódicamente sincronizado con el tiempo global del dispositivo de tiempo principal.

6. Método de sincronización de una pluralidad de tiempos locales específicos de un dispositivo y un tiempo de sistema en un sistema de control distribuido interoperable abierto, estando dicha pluralidad de tiempos locales específicos de un dispositivo asociada con unos respectivos dispositivos de entre una pluralidad de dispositivos (110, 200) en el sistema de control distribuido interoperable abierto, comprendiendo dicho método:

- 50 detectar un extremo de un macrociclo (601) de un dispositivo;
- proporcionar un tiempo de inicio de un macrociclo sucesivo a cada una de dicha pluralidad de dispositivos;
- calcular un desplazamiento (720) entre cada una de dicha pluralidad de tiempos locales específicos de un dispositivo y dicho tiempo de sistema;
- 55 sincronizar cada uno de dicha pluralidad de tiempos locales específicos de un dispositivo con dicho tiempo de sistema utilizando dicho desplazamiento calculado (720); y
- 60 alinear dicha pluralidad de tiempos de inicio de macrociclo específicos de un dispositivo uno con respecto a otro, de manera que dichos tiempos de inicio de los macrociclos de cada una de dicha pluralidad de dispositivos coincidan.

7. Método de sincronización de una pluralidad de tiempos locales específicos de un dispositivo y un tiempo de sistema según la reivindicación 6, que comprende:

65

proporcionar un dispositivo de tiempo principal (500) en dicho sistema de control distribuido interoperable abierto, manteniendo dicho dispositivo de tiempo principal un tiempo global;

5 determinar si dicho tiempo de sistema está sincronizado con dicho tiempo global; y

establecer una bandera sincronizada (510) si se determina que dicho tiempo de sistema está sincronizado con dicho tiempo global.

10 8. Método de sincronización de una pluralidad de tiempos locales específicos de un dispositivo y un tiempo de sistema según las reivindicaciones 6 o 7, en el que dicha etapa de alineación de dicha pluralidad de tiempos de inicio específicos de un dispositivo comprende:

15 calcular un desplazamiento entre cada uno de dicha pluralidad de tiempos de inicio específicos de un dispositivo unos con respecto a otros; y

añadir un retraso de tiempo por lo menos a uno de dicha pluralidad de tiempos de inicio específicos de un dispositivo, de manera que dichos tiempos de inicio de cada uno de dicha pluralidad de dispositivos coincidan unos con respecto a otros.

20

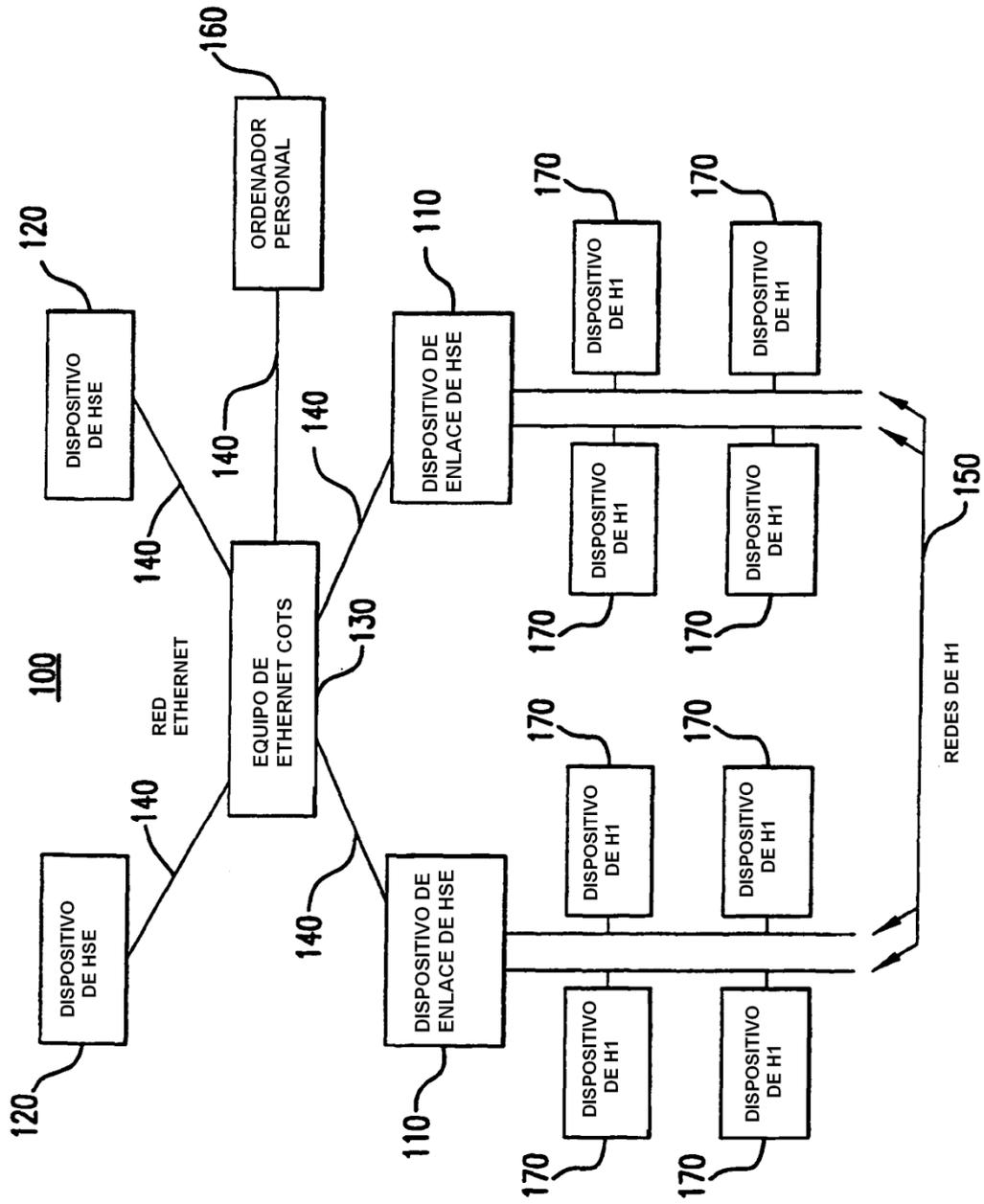


FIG. 1

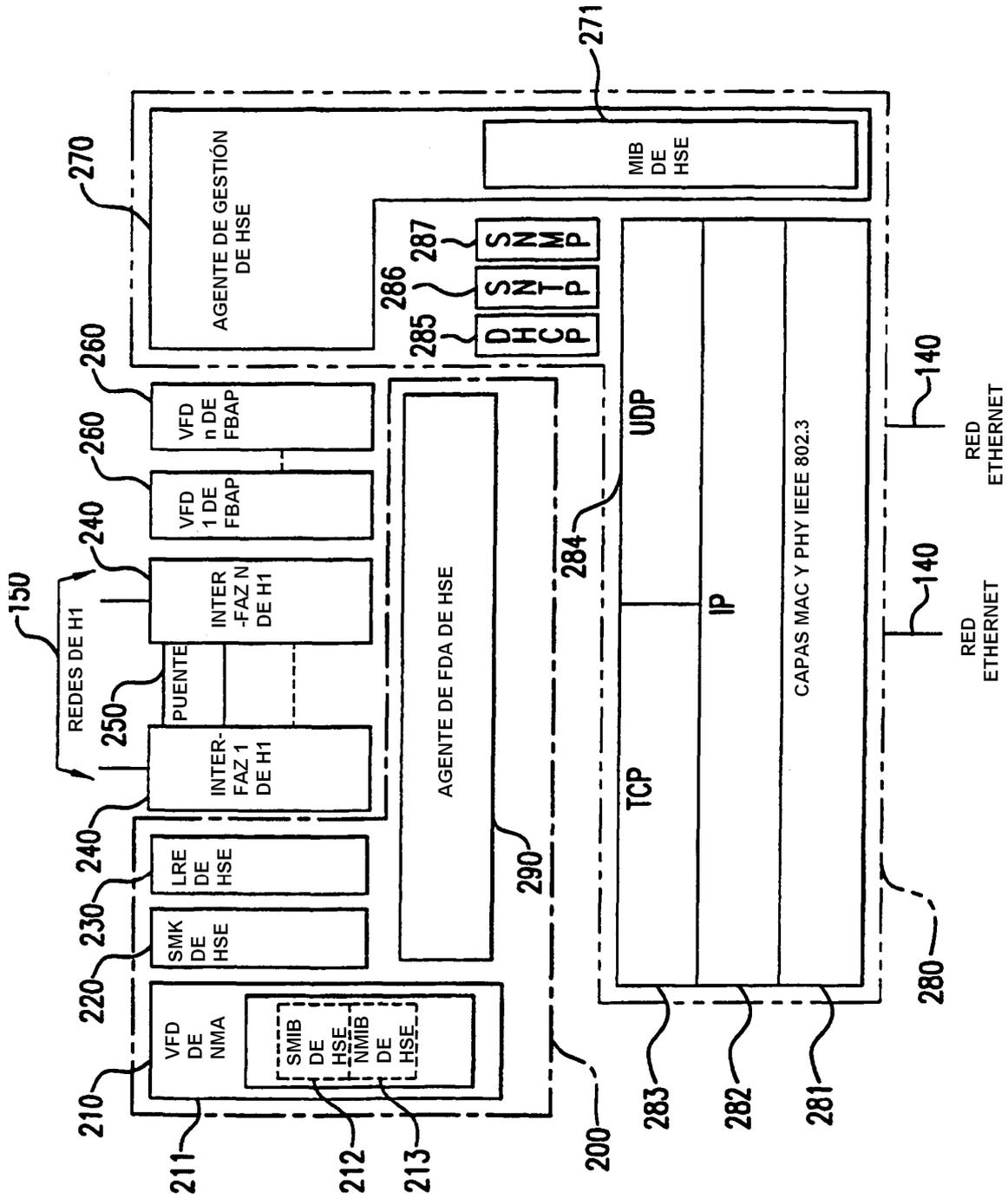


FIG.2

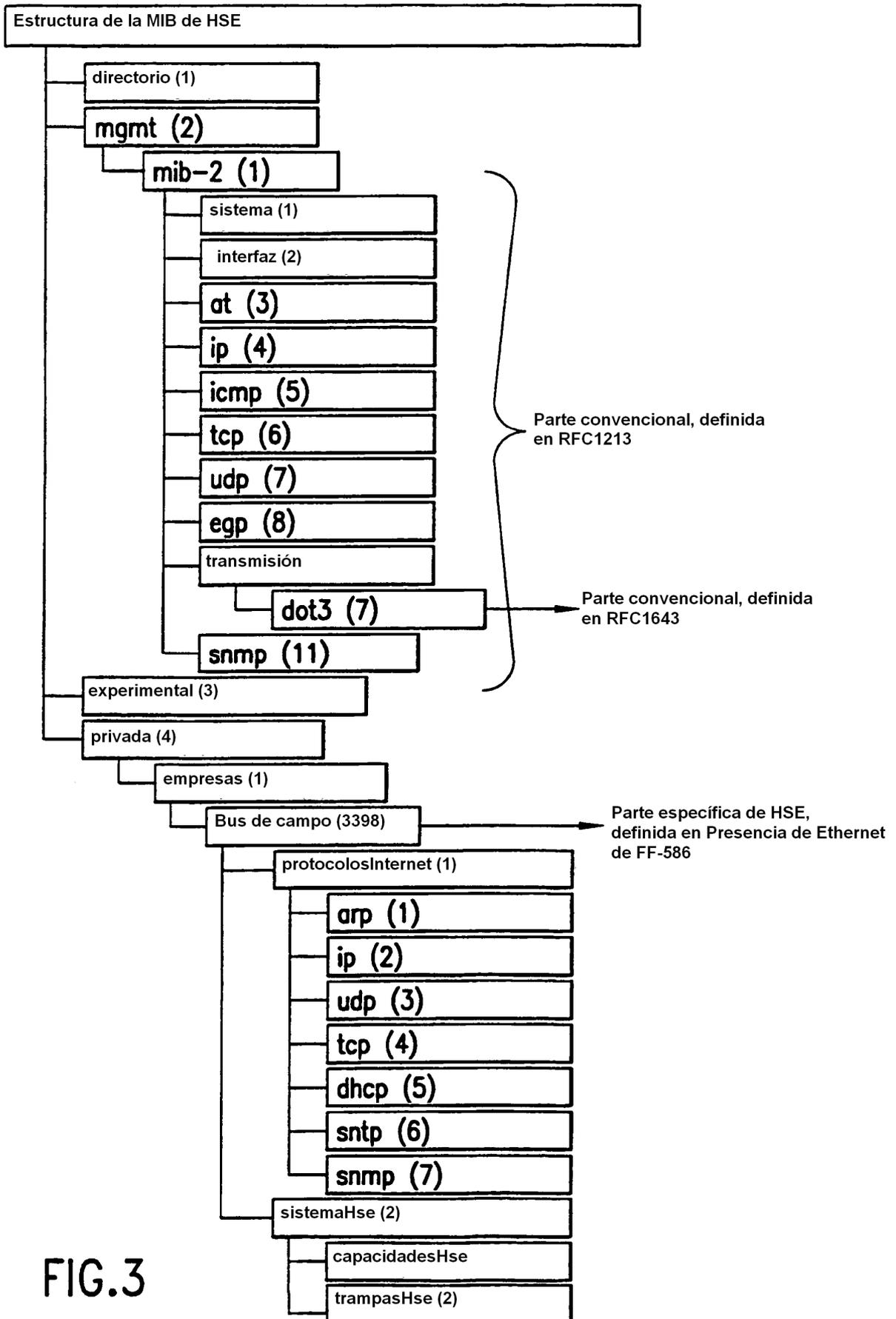


FIG.3

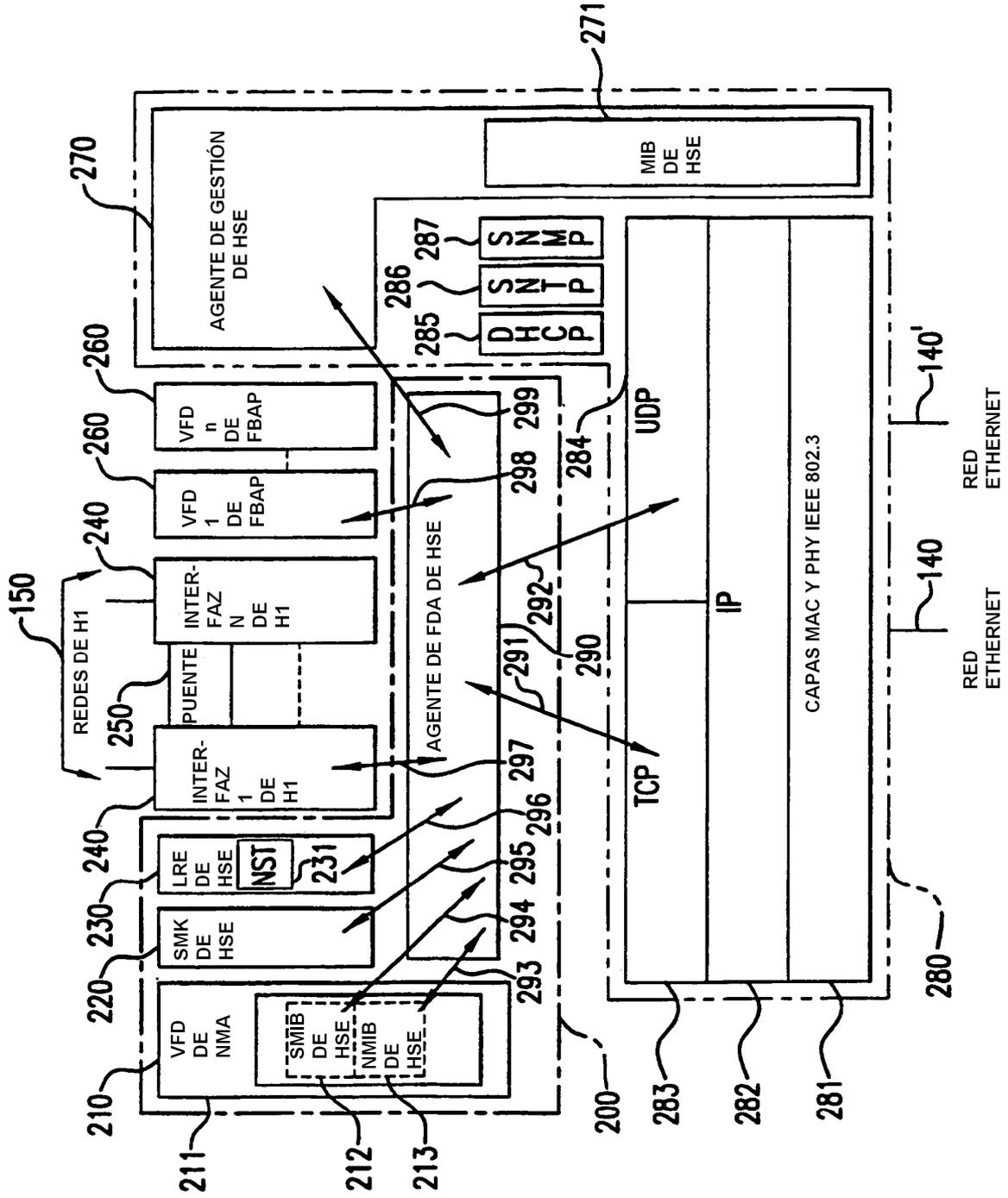


FIG. 4

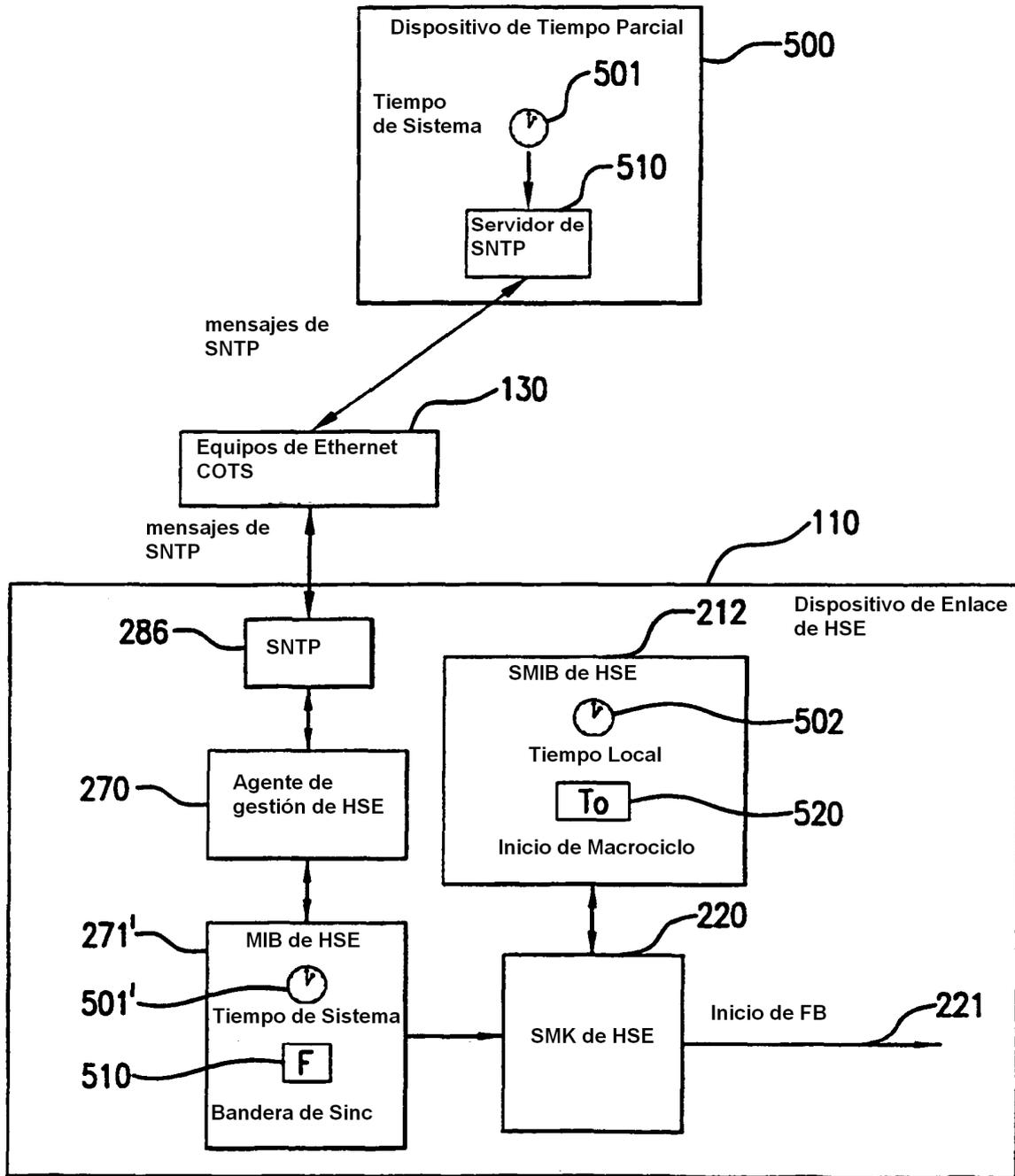


FIG.5

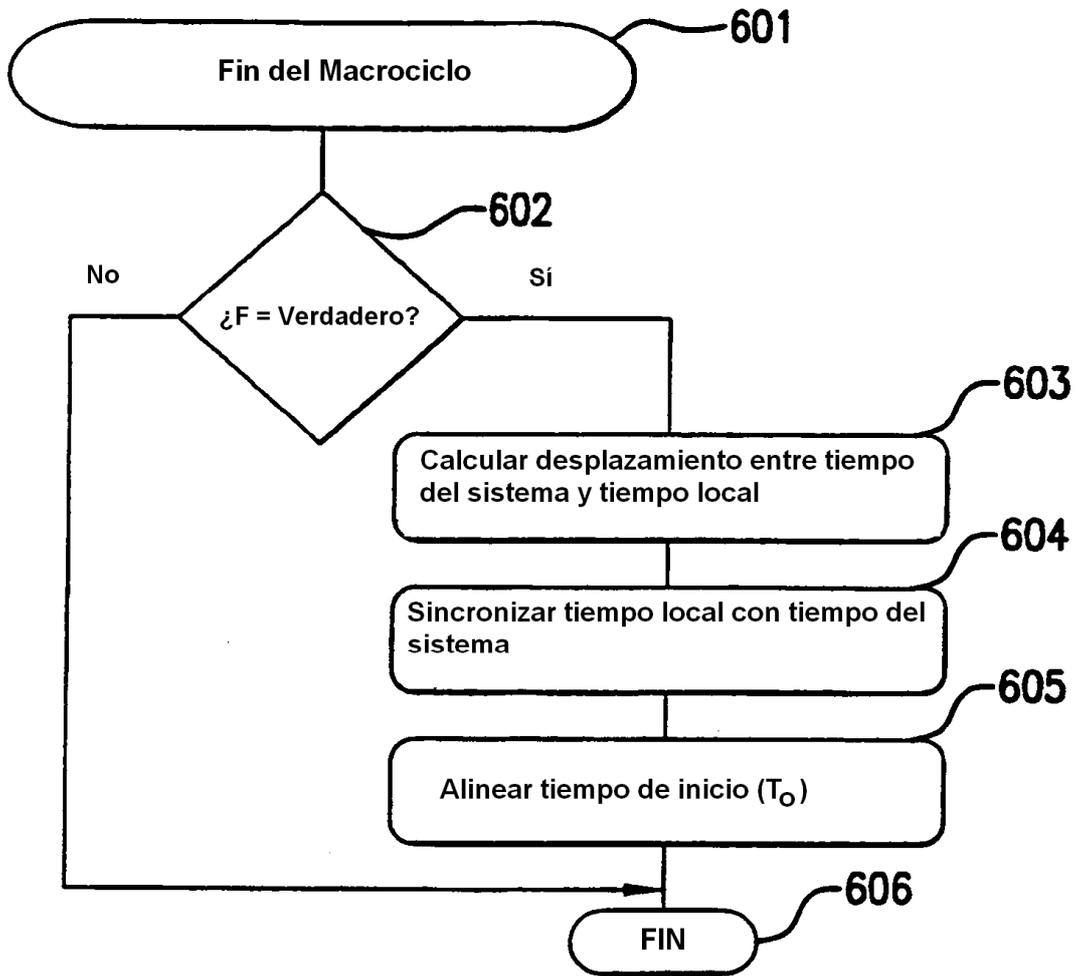


FIG.6

Desplazamiento del Macro ciclo del Dispositivo N Antes de la Sincronización de Tiempo

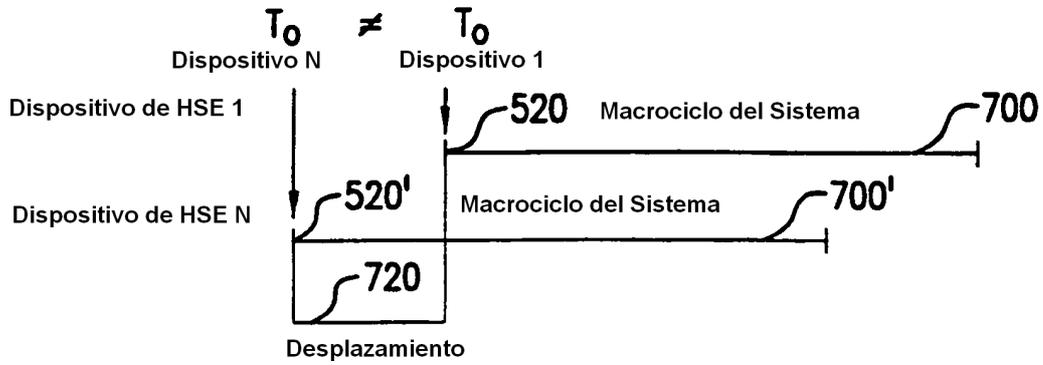


FIG. 7A

Desplazamiento del Macro ciclo del Dispositivo N Después de Sincronización de Tiempo

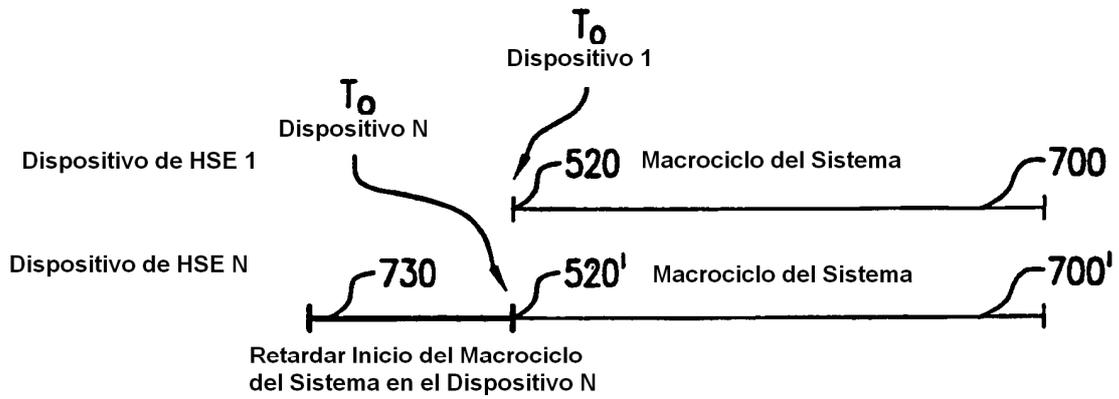


FIG. 7B

FIG. 8

