

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 666**

51 Int. Cl.:  
**H04L 29/06** (2006.01)  
**H04L 12/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **99913901 .7**  
96 Fecha de presentación: **15.03.1999**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1068708**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.01.2001**

54 Título: **Sistema de comunicación para un sistema de control sobre redes IP y Ethernet**

30 Prioridad:  
**16.03.1998 US 78223 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.06.2012**

73 Titular/es:  
**SCHNEIDER AUTOMATION INC.  
ONE HIGH STREET  
NORTH ANDOVER, MASSACHUSETTS 01845-  
2699, US**

72 Inventor/es:  
**JAMMES, François**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 383 666 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 comunicación para un sistema de control sobre redes IP y Ethernet

**Solicitudes relacionadas**

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de patente US No. 60/078.223, presentada el 16 de Marzo de 1998.

**Campo técnico**

10 La presente invención se refiere, en general, a un sistema de automatización industrial para supervisar y controlar dispositivos de campo en un sistema de control digital distribuido. Más específicamente, la presente invención se refiere a protocolos y redes de comunicación para una comunicación en tiempo real entre dispositivos simples, dispositivos inteligentes, así como entre otros dispositivos.

**Antecedentes**

El uso de redes con Protocolo Ethernet -Internet (IP) está muy generalizado en las aplicaciones en el campo de la tecnología de información. Hasta ahora, en las aplicaciones de automatización y control industrial, las redes Ethernet-IP han sido usadas, principalmente, para transferir información para la cual el tiempo no es un factor crítico.

15 Por ejemplo, aunque el rango de productos HP Ventera usa una relación de editor/subscriptor integrado en el protocolo Tibco, Ventura HP no está optimizada para aplicaciones de automatización en tiempo real, por ejemplo, no proporciona puntualidad de los datos publicados.

20 El artículo de David J. Preston en Electronic Design, 14 de Abril de 1997, titulado "Internet Protocolos Migrate to Silicon for Networking Devices", describe capas de aplicaciones de red y protocolos, tales como TCP/IP, SNMP, HTTP y RMON y expone la integración de estas aplicaciones y protocolos en silicio en ordenadores, de manera que funcionan con el silicio de la red para pre-procesar y liberar de carga un MPU servidor.

**Resumen de la Invención**

25 La presente invención es una solución de datos distribuidos para un control industrial sobre redes Ethernet-IP. El propósito de la presente invención es proporcionar medios para transferir sobre una red Ethernet-IP información, para la cual el tiempo no es un factor crítico, entre dispositivos que participan en una solución de automatización o de control industrial de gran tamaño. La tecnología conocida incluye la relación cliente/servidor usando Modbus (PI-MBUS-300) u otro protocolo tradicional de mensajería en capa de aplicación. La presente invención, mediante el uso de una relación editor/subscriptor, soluciones de multidifusión y difusión IP, y medios de validación de datos que hacen uso de estados de puntualidad, proporciona un mejor rendimiento, un bajo costo de los dispositivos que hacen uso de esta solución, así como una capacidad de comunicación directa entre los dispositivos. Además, el rendimiento conseguido con esta solución da una respuesta a las necesidades de las aplicaciones de automatización en tiempo real más exigentes. Además, la simplicidad de la solución proporciona una capacidad para integrarla en dispositivos simples y de bajo coste. Además, la comunicación directa entre los dispositivos reduce el coste de la aplicación global.

35 Por lo tanto, la presente invención puede ser usada en todas las aplicaciones en las que, en la actualidad, se usan buses de dispositivos o buses de campo tradicionales (por ejemplo, DeviceNet, ControlNet, Fieldbus Foundation, Profibus, Modbus+, WordIFIP, Interbus-S, etc.). Las aplicaciones de la presente invención pueden incluir, por ejemplo, control industrial, automatización, control de procesos, distribución eléctrica, automatización de edificios y otras aplicaciones.

40 La invención permite un sistema de comunicación según se define en las reivindicaciones adjuntas.

Otras ventajas y aspectos de la presente invención se harán evidentes con la lectura de la descripción siguiente de los dibujos y la descripción detallada de la invención.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una red de comunicaciones intra-nivel de la presente invención.

45 La Figura 2 es un diagrama de bloques de la red de comunicaciones intra-nivel de la Figura 1, que tiene múltiples dispositivos inteligentes en la misma.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de una red de comunicaciones intra-nivel de la presente invención.

La Figura 4 es un diagrama de bloques de múltiples redes de comunicaciones intra-nivel conectadas a través de una conexión central inter-nivel de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de bloques de múltiples redes de comunicaciones intra-nivel conectadas a través de una conexión central inter-nivel de la presente invención.

5 La Figura 6 es un diagrama de bloques de múltiples de redes de comunicaciones intra-nivel conectadas a través de una conexión central intra-nivel, que representa conexiones adicionales a otros dispositivos y redes de la presente invención.

La Figura 7 es un diagrama de bloques de las conexiones de bases de datos distribuidas en tiempo real (RTDDB) de dispositivos en una única agrupación de la presente invención.

10 La Figura 8 es un diagrama de bloques de múltiples redes de comunicaciones intra-nivel conectadas a través de una conexión central inter-nivel y a través de una conexión central intra-nivel de la presente invención.

La Figura 9 es un esquema de codificación de trama de datos RTDDB según la presente invención.

La Figura 10 es un esquema de cabecera A\_PDU para el esquema de codificación de trama de datos RTDDB de la Figura 9.

15 La Figura 11 representa referencias lógicas de dispositivos simples de un acelerador.

La Figura 12 es un esquema de la gestión de datos de la presente invención.

La Figura 13 representa ejemplos de tramas de tramas de datos publicados de la presente invención.

### Descripción detallada

20 Aunque la presente invención es susceptible de ser realizada en muchas formas diferentes, en los dibujos se muestra y en la presente memoria se describe, en detalle, una realización preferente de la invención con la comprensión de que la presente divulgación debe ser considerada como una ejemplificación de los principios de la invención y no pretende limitar el amplio aspecto de la invención a las realizaciones ilustradas.

25 Con referencia a las Figuras, Ethernet puede ser usada como una red de nivel 1 de dispositivos (denominada, en la presente memoria, núcleo de Ethernet de nivel 1), que puede incluir buses de sensores y se centra en la necesidad de muestrear el entorno físico de fabricación y de proporcionar muestras de datos en tiempo real a un nivel de control, para la toma de decisiones. Los servicios de mensajería de la capa de aplicación, tales como los proporcionados por Modbus, sobre la capa de transporte seguro de Internet - capa de Internet (TCP-IP), pueden ser usados como una solución básica. Para las aplicaciones más exigentes, con requisitos de alto rendimiento, se han estudiado y evaluado otras soluciones. La solución base de datos distribuida en tiempo real (RTDDB), haciendo  
30 uso de capacidades de multidifusión del protocolo datagrama de usuario (UDP) de Internet de la capa de transporte, hace el mejor uso posible de Ethernet con un alto rendimiento. Puede ser usada además de, por ejemplo, Modbus.

35 Como referencia, a continuación se muestra un glosario de términos usados en la presente memoria: (1) Modbus es una capa de aplicación de mensajería (servicios de lectura/escritura) usada como una solución aplicativa básica y usada también para la configuración RTDDB; (2) RTDDB es un protocolo y servicios de aplicación nuevos especificados por la presente especificación, que proporcionan una comunicación eficaz en una red Ethernet de nivel 1 usando las capacidades de multidifusión UDP; (3) Los agentes son dispositivos configurados para realizar la gestión de red; (4) un Gestor es un dispositivo que proporciona la configuración de gestión de red a los agentes; (5) Los dispositivos simples, normalmente, están conectados directamente al proceso (por ejemplo, para realizar mediciones, adquisición de entradas, para proporcionar salidas, etc.). También son dispositivos agentes. Los  
40 ejemplos son dispositivos de entradas/salidas (E/S), motores y centros de control de motores (MCC); (6) Los dispositivos inteligentes son programables. Pueden ser gestores. Los ejemplos son ordenadores personales (PC), controladores lógicos programables (PLC), dispositivos programables especializados, interfaces humano-máquina (HMI) y pasarelas. Los intercambios de mensajería son otros intercambios no RTDDB en el sistema; (7) El estado de actualización está asociado con un dato enviado por un dispositivo sobre la red. Indica que el editor de datos está  
45 funcionando. La actualización es útil cuando la comunicación sigue enviando datos cíclicamente sobre la red, incluso si los propios datos no son válidos, debido a que el editor de datos no está funcionando. La actualización puede usar, por ejemplo, un temporizador, que es activado cada vez que el editor escribe datos en la parte de comunicación del dispositivo y en el que la actualización es válida hasta que expira el temporizador, (8) El estado de inmediatez indica que los datos leídos desde el sistema de comunicación no son demasiado antiguos. La inmediatez es útil cuando la  
50 parte de aplicación del dispositivo sigue leyendo cíclicamente los datos desde su parte de comunicación, incluso si los propios datos no son válidos, debido a que la red no está funcionando. El estado de inmediatez usa un temporizador, que es activado cada vez que la red escribe datos en la parte de comunicación del dispositivo y en el

que la inmediatez es válida hasta que expira el temporizador.

En la red central de Ethernet, de nivel 1, la solución RTDDB está diseñada para satisfacer las necesidades siguientes: comunicaciones intra-nivel 1 (por ejemplo, usadas para E/S distribuidas) y comunicaciones inter-nivel 1 (usadas, por ejemplo, para intercambios de datos entre PCs, PLCs, etc.).

5 Las comunicaciones RTDDB pueden estar mezcladas en la misma red Ethernet física, o pueden estar separadas, dependiendo del tamaño y el rendimiento de la aplicación. Las comunicaciones RTDDB también pueden estar mezcladas con, por ejemplo, comunicaciones Modbus.

10 Con referencia a la Figura 1, en la misma se representa un ejemplo de comunicaciones intra-nivel. En una realización, el número de dispositivos 12 en la red 14 es, típicamente, de entre 10 y 50, con un número máximo menor de 256. El dispositivo 16 inteligente en la red envía cíclicamente a los dispositivos 18 simples órdenes y el estado de las salidas de los dispositivos simples. De manera correspondiente, los dispositivos 18 simples devuelven al gestor las entradas, el estado y otra información, tan pronto como se produce un cambio, un evento y/o un back-up cíclico. Puede proporcionarse también una comunicación directa entre los dispositivos (por ejemplo, sincronización y señal de reloj). Los dispositivos inteligentes pueden participar también en esta comunicación directa.

15 Idealmente, todos los intercambios RTDDB tienen requerimientos de alto rendimiento. En una realización, es preferente que el tiempo de respuesta desde un cambio de una entrada en cualquier dispositivo al cambio de salida correspondiente en otro dispositivo sea de aproximadamente unas pocas decenas de milisegundos (ms), incluyendo el procesamiento de los dispositivos de entradas y salidas, el procesamiento de los dispositivos inteligentes y los intercambios en la red, en los que: los retrasos en el procesamiento dentro de los dispositivos simples pueden ser de unos pocos ms; los dispositivos inteligentes, tales como autómatas, usan tarea periódica, con un periodo típico de 20 ms para las tareas más rápidas, los retrasos en la red pueden ser de unos pocos ms, si Ethernet no está sobrecargada. Además, la sincronización dentro de esta realización, entre los cambios en las salidas en varios dispositivos correspondientes a un evento, es preferente que sea de aproximadamente unos pocos ms. La distribución de la señal de reloj dentro de esta realización proporciona una capacidad de datación de eventos locales en los dispositivos con una precisión de 1 ms. Esto es especialmente útil en sistemas de distribución eléctrica, donde cada dispositivo tiene un reloj preciso, sincronizado por la señal de reloj de red distribuida, usada para el sellado temporal local de eventos, que son centralizados después para realizar una discriminación y una edición.

25 Con referencia a la Figura 2, pueden usarse dispositivos 16,16' inteligentes redundantes en otra realización de una red de comunicaciones intra-nivel. Sin embargo, en esta realización, sólo hay un dispositivo inteligente activo en cada momento, y envía órdenes a los dispositivos 18 simples, mientras que los otros dispositivos inteligentes escuchan el tráfico procedente de los agentes.

30 Con referencia a la Figura 3, en una realización, cada dispositivo 16 inteligente puede tener una agrupación de hasta 256 dispositivos (incluyendo el dispositivo inteligente), intercambiando entre ellos comunicaciones de inter-nivel 1. Tal como se ha indicado anteriormente, los dispositivos 16 inteligentes pueden ser redundantes. En una realización preferente, el número típico de dispositivos 16 inteligentes es de entre 4 y 16, siendo el número máximo menor de 256.

35 En la realización mostrada en la Figura 4, cada dispositivo 16 inteligente envía, cíclicamente, datos de aplicación (por ejemplo, usados para la sincronización entre tareas aplicativas) a todos los demás dispositivos inteligentes. Los requisitos de rendimiento no son tan altos como para las comunicaciones de inter-nivel 1. Se ha observado que, típicamente, cada dispositivo 16 inteligente enviará 8 bytes de datos cada 40 ms, en sistemas que tienen hasta 32 dispositivos inteligentes.

40 Con referencia a la Figura 4, las comunicaciones RTDDB intra e inter-nivel 1 pueden estar mezcladas en la misma red Ethernet física. Además, haciendo referencia a la Figura 5, las mismas pueden estar separadas también en diferentes redes físicas, tal como se muestra, donde la elección se realiza teniendo en cuenta el tamaño y el rendimiento de la aplicación. Debería entenderse que en cualquier caso, no hay comunicaciones RTDDB entre los dispositivos simples de agrupaciones diferentes.

45 Con referencia a la Figura 6, las comunicaciones RTDDB y Modbus pueden estar mezcladas en la misma red Ethernet física, junto con cualquier otro tipo de dispositivo. En esta realización, los intercambios de mensajería (Modbus) no son parte de los intercambios RTDDB. Los intercambios de mensajería son realizados entre cualquier dispositivo en las redes, incluyendo: (1) intercambios con otros dispositivos 20 que no participan en sistema RTDDB, situados en la red de nivel 1 o en redes superiores, y (2) otros intercambios con dispositivos 18 simples o dispositivos 16 inteligentes (por ejemplo, para configuración, etc.).

50 Con referencia a la Figura 7, en una realización preferente de un sistema RTDDB, pueden definirse agrupaciones 22 (sólo se muestra una agrupación) de hasta 256 dispositivos 24. Cada agrupación 22 puede contener cualquier tipo

de dispositivo (Inteligente y/o simple). Múltiples agrupaciones son posibles en un sistema RTDDB, y algunos dispositivos inteligentes pueden pertenecer a varias agrupaciones. Tal como se ha indicado anteriormente, debería entenderse que no hay comunicación RTDDB entre los dispositivos de agrupaciones diferentes.

5 Dentro de cada agrupación 22, cada dispositivo 24 edita tramas RTDDB. Las tramas son editadas de manera cíclica o cuando se produce un cambio o un evento, a iniciativa del editor. Las tramas son enviadas sobre la red Ethernet 26, usando UDP e IP. Cada trama puede ser enviada a un dispositivo (usando una dirección IP individual), a un grupo de dispositivos dentro de una agrupación (usando una dirección IP de multidifusión de grupo) o a la agrupación (usando una dirección IP de multidifusión de agrupación). Los grupos pueden ser definidos dinámicamente.

10 En una realización, cada trama contiene uno o varios datos y cada dispositivo 22 se suscribe a los datos en los que está interesado. El dispositivo en la agrupación 22 está identificado individualmente por una identificación lógica y cada dato está referenciado. También hay provistos medios para que un dispositivo simple conozca rápidamente cuándo una trama contiene datos en los que está interesado. Una trama RTDDB contiene también una indicación de fallo, que indica cuando se produce un fallo en el editor. Cada dato tiene un estado de actualización asociado para  
15 indicar el estado de la parte productora de los datos correspondientes y cada subscriptor puede controlar también la inmediatez de los datos recibidos.

Tal como se ha descrito anteriormente, el sistema RTDDB puede ser usado para responder a las necesidades de intra-nivel 1 en el que el dispositivo inteligente (o el dispositivo inteligente activo en un sistema redundante) difunde cíclicamente, a dispositivos específicos, una trama que contiene los datos individuales (órdenes, salidas) para un  
20 grupo de dispositivos simples, usando su dirección IP de multidifusión de grupo. El grupo es definido libremente por el dispositivo inteligente, teniendo en cuenta el límite de tamaño de trama.

Cada uno de los dispositivos simples decodifica las tramas de multidifusión válidas recibidas para extraer los datos que han sido direccionados al mismo. Para cada dato, el dispositivo simple controla su estado de actualización y activa un temporizador de inmediatez. Cuando el estado de actualización es falso o cuando el temporizador expira, el  
25 subscriptor puede entrar en un modo de funcionamiento específico (por ejemplo, pone las salidas en posición de reserva).

De manera similar, cada dispositivo simple envía al dispositivo inteligente o a los dispositivos inteligentes sus datos publicados (por ejemplo, entradas, medidas, etc.), usando una dirección IP de dispositivo inteligente (que puede ser una dirección individual si sólo hay un dispositivo inteligente o una dirección de multidifusión si se usan dispositivos  
30 inteligentes redundantes). Cada dispositivo simple puede también difundir a dispositivos específicos en la red datos directos de comunicación entre dispositivos, usando una dirección IP de multidifusión de agrupación. Cada dato publicado por un dispositivo simple puede ser enviado cuando se produce un cambio o un evento (por ejemplo, un cambio en una entrada digital), con un periodo mínimo entre envíos, y/o cíclicamente. Por ejemplo, un dispositivo de E/S digitales envía sus valores de entrada, cuando se produce un cambio, con un periodo mínimo entre envíos de 10  
35 ms, y cíclicamente para un back-up cada 100 ms. En otro ejemplo, un motor envía la velocidad de motor cada 100 ms.

Cabe señalar que pueden usarse otras direcciones, tales como direcciones de difusión sub-red, que direccionan más dispositivos (si sólo se usa una agrupación en el sistema), pero deberían ser usadas con mucha atención, debido al potencial impacto en el rendimiento debido a que todos los dispositivos en la red reciben todas las tramas de difusión sub-red y las decodifican en software para saber si están interesados en cada trama. El uso de direcciones individuales o de difusión para dispositivos específicos es preferente, ya que la mayoría de las tramas no interesantes son filtradas por el componente de Ethernet.

Cabe señalar también que el envío activado por un evento de dispositivo simple es preferente al envío cíclico, como solución nominal, siempre que sea posible, ya que proporciona el mejor uso posible de la red Ethernet, que fue diseñada para transmisiones activadas por eventos, y tiempos de respuesta más rápidos.

Además, tal como se ha descrito anteriormente, el sistema RTDDB da respuesta a las necesidades de inter-nivel 1, donde cada dispositivo inteligente difunde, cíclicamente, a dispositivos específicos, una trama que contiene datos de aplicación a ser intercambiados entre los dispositivos inteligentes, usando una dirección IP de multidifusión de agrupación de dispositivos inteligentes. Cada dato tiene un estado de actualización asociado que indica el estado de  
50 la parte productora correspondiente del gestor.

Además, todos los dispositivos inteligentes interesados en estos datos los decodifican, controlan su estado de actualización y activan un temporizador de inmediatez. Cuando el estado de actualización es falso o cuando el temporizador expira, el subscriptor puede entrar en un modo de funcionamiento específico (por ejemplo, modo local). Con referencia a la Figura 8, esta figura representa cómo puede ser usado el sistema RTDDB para responder a las  
55 necesidades de mezclar comunicaciones intra e inter-nivel 1 (tal como se ha descrito anteriormente).

5 Los aspectos preferentes de la presente invención con respecto a la inicialización, los datos de referencia y la codificación de trama RTDDB, se describen en detalle más adelante. Con respecto a la inicialización en cada arranque antes de la fase de inicialización RTDDB, cada dispositivo ha adquirido, preferentemente, sus parámetros IP que comprenden: dirección IP individual, máscara IP de subred, dirección IP de pasarela por defecto. Estos parámetros IP pueden ser adquiridos, por ejemplo, por una solicitud de protocolo Bootstrap (BOOTP) a un servidor BOOTP (por ejemplo, para dispositivos simples) o por medios locales (por ejemplo, para los gestores que tienen herramientas de programación asociadas, HMI). Además, debería prestarse atención para tener una configuración coherente en el sistema (unidad de las direcciones IP, misma máscara IP de subred), especialmente cuando se usan medios locales.

10 A continuación debería adquirirse información de configuración RTDDB, que comprende: identificación lógica de dispositivo, direcciones IP a usar, información de temporización, y todos los datos deberían tener una referencia de 2 bytes.

15 Los contenidos detallados de la información de configuración, así como la manera en la que es adquirida, son especificados, típicamente, en la especificación de producto de cada dispositivo. Sin embargo, los mismos se especifican, a continuación, para los dispositivos siguientes: los dispositivos simples usados en comunicaciones intra-nivel 1, los dispositivos inteligentes usados en comunicaciones intra-nivel 1, y los dispositivos inteligentes usados en comunicaciones inter-nivel 1.

20 En conexión con la configuración de los dispositivos simples usados en las comunicaciones intra-nivel 1, en cuanto cada dispositivo simple está listo para comunicarse usando, por ejemplo, el protocolo Modbus sobre TCP/IP, espera a que su gestor (o un configurador global) escriba valores significativos en los registros de configuración RTDDB antes de comunicarse usando el protocolo RTDDB.

En una realización, los registros siguientes pueden ser escritos en cada dispositivo simple, usando los servicios Modbus:

Servicios Modbus	Registros de configuración	Desplazamiento en Hex	Tamaño de campo
Lectura/escritura	Identificación lógica	F201	1 word
Lectura/escritura	Periodo de envío	F202	1 word
Lectura/escritura	Mínimo periodo entre envíos	F203	1 word
Lectura/escritura	Dirección IP de dispositivo inteligente	F204-205	2 word
Lectura/escritura	Periodo de inmediatez	F206	1 word
Lectura/escritura	Dirección IP de multidifusión de recepción	F207-208	2 words
Lectura/escritura	Registros específicos de aplicación	F209 a F3FF	Específico de la aplicación

25 Con respecto al registro de configuración, la identificación lógica es una palabra en el desplazamiento F201. Este registro puede ser leído y escrito usando, por ejemplo, comandos Modbus, y el valor por defecto (en el arranque) es FF FFh (no configurado para RTDDB). Los valores RTDDB significativos están comprendidos entre 0 y 255. En cuanto se escribe un valor significativo en este registro, el dispositivo simple empieza a usar RTDDB. Cuando se escriben otros valores (el primer byte diferente de 0) en este registro, el dispositivo simple deja de usar RTDDB.

30 Para los primeros datos publicados por los dispositivos simples, su periodo de envío es especificado por el registro de periodo de envío. Otros periodos para otros datos publicados pueden ser especificados en los registros específicos de la aplicación. Preferentemente, el periodo de envío es una palabra en el desplazamiento F202. Este registro puede ser leído y escrito usando, por ejemplo, comandos Modbus, y el valor por defecto (en el arranque) es FF FFh (sin difusión periódica a dispositivos específicos). El periodo de envío es en incrementos de 1 ms. 35 Preferentemente, su valor mínimo es de 5 ms.

El periodo mínimo entre envíos para el primer dato publicado por el dispositivo simple es especificado por el registro periodo mínimo entre envíos. Otros periodos para otros datos publicados pueden ser especificados en registros específicos de la aplicación. El periodo mínimo entre envíos es una palabra en el desplazamiento F203. Este registro puede ser leído y escrito usando, por ejemplo, comandos Modbus, y el valor por defecto (en el arranque) es FF FFh (sin envíos por cambios). El periodo mínimo entre envíos es en incrementos de 1 milisegundo. Preferentemente, su valor mínimo es de 10 ms.

Los datos son enviados al dispositivo inteligente o a los dispositivos inteligentes usando esta dirección IP de dispositivo inteligente. El valor por defecto es la dirección IP del primer cliente Modbus del agente (más

frecuentemente su gestor). Este valor puede ser cambiado por un gestor en cualquier momento. La dirección individual debería ser escrita en estos registros, si no hay un dispositivo inteligente redundante. La dirección de multidifusión debería ser escrita en estos registros, si se usan dispositivos inteligentes redundantes.

5 Para el primer dato suscrito por un dispositivo simple, su periodo de inmediatez es especificado por el registro de periodo de inmediatez. Otros períodos para otros datos suscritos pueden ser especificados en registros específicos de la aplicación. Preferentemente, el período de inmediatez es una palabra en el desplazamiento F204. Este registro puede ser leído y escrito usando, por ejemplo, comandos Modbus, y el valor por defecto (en el arranque) es 250 (250 ms). El período de inmediatez es en incrementos de 1 ms. El valor FF FFh significa que no hay control de inmediatez. Preferentemente, su valor mínimo es de 15 ms.

10 Con respecto a la dirección IP de multidifusión de recepción, los dispositivos simples reciben datos en su propia dirección IP individual, en la dirección de difusión de subred y la dirección IP de multidifusión de recepción aplicable a un grupo de agentes dentro de la agrupación. No hay ninguna dirección IP de multidifusión especificada en el arranque. Un nuevo valor puede ser tomado en cuenta sólo cuando RTDDB está detenido.

15 Con respecto a la configuración de los dispositivos inteligentes usados en las comunicaciones intra-nivel 1, después de haber adquirido sus parámetros IP, cada gestor toma su información de configuración, por medios locales (por ejemplo, herramientas de programación o HMI) o solicitándolo a un configurador global. Idealmente, la información de configuración siguiente es adquirida para iniciar las comunicaciones RTDDB: (1) Identificación lógica de dispositivo inteligente dentro de la agrupación intra-nivel 1; (2) Direcciones IP de los dispositivos simples de la agrupación y correspondencia con sus identificaciones lógicas; (3) Direcciones IP de multidifusión de grupo de dispositivos simples usada para enviar tramas a los grupos de dispositivos simples de la agrupación; (4) Dirección IP de multidifusión de grupo de dispositivos inteligentes usada para recibir tramas desde los dispositivos simples (si se usan gestores redundantes); y (5) Dirección IP de multidifusión de agrupación, si se usa una comunicación directa entre dispositivos.

25 Con respecto a la configuración de los dispositivos inteligentes usados en las comunicaciones inter-nivel 1, después de haber adquirido sus parámetros IP, cada gestor recibe su información de configuración, por medios locales (por ejemplo, herramientas de programación o HMI) o solicitándola a un configurador global. Dicha información de configuración incluye preferentemente: (1) Identificación lógica de dispositivo inteligente dentro de la agrupación inter-nivel 1, (2) Dirección IP de multidifusión inter-nivel 1 para intercambiar datos con otros dispositivos inteligentes (el valor por defecto es la dirección de difusión de la sub-red); y (3) longitudes y períodos de los datos de aplicación enviados a otros gestores. Idealmente, por defecto, sólo un dato de aplicación (primer byte 80h de referencia física) de 8 bytes de longitud es enviado a otros gestores cada 4 ms.

35 Cada dato dentro del sistema RTDDB tiene, preferentemente, una referencia de 2 bytes. En una realización, pueden usarse dos tipos de referencia: referencia física y referencia lógica. La referencia física es usada cuando el segundo byte de la referencia de 2 bytes es la identificación lógica de dispositivo de uno de los dispositivos que participan en el intercambio. El primer byte de la referencia indica qué datos de dispositivo son direccionados. La sintaxis y semántica de los datos son especificadas por la especificación del dispositivo. La referencia física es muy útil en los intercambios siguientes, donde este tipo de referencia proporciona una configuración automática de referencia de datos, en cuanto las identificaciones lógicas de los dispositivos están configuradas: (1) intercambio con un dispositivo simple (por ejemplo, datos enviados o recibidos por un dispositivo simple), en el que los datos pueden ser sub-clasificados en datos aplicativos (valores de E/S, mediciones, comandos, etc.) y datos de sistema (configuración, parámetros, estado, valor por defecto, etc.); (2) datos enviados por un dispositivo inteligente a otros dispositivos inteligentes.

Una referencia lógica es cuando no hay referencia a ninguna identificación lógica de dispositivo. Los sub-tipos de referencia lógica se definen como referencia lógica universal y referencia lógica asignada dinámicamente.

45 Una referencia lógica universal es cuando una referencia, sintaxis y semántica de los datos son especificadas por la presente especificación. Este tipo de referencia es útil para datos que pueden ser usados en todos los sistemas (por ejemplo, una señal de reloj, etc.). Una referencia lógica asignada dinámicamente es cuando puede usarse cualquier medio para asignar una referencia a los datos, que pueden ser de cualquier tipo.

La tabla siguiente especifica un rango de valores reservados para cada tipo de referencia:

50

Tipo de referencia	Primer byte	Segundo byte	Uso	Ejemplo de uso
Referencia física	Valores impares de 01h a 3Fh	Identificación lógica de dispositivo simple	Datos aplicativos enviados a un dispositivo simple	Dispositivo inteligente → Dispositivo simple en comunicación intra-nivel 1
	Valores impares de 41h a 7Fh	Identificación lógica de dispositivo simple	Datos de sistema enviados a un dispositivo simple	Dispositivo inteligente → Dispositivo simple en comunicación intra-nivel 1
	Valores pares de 00h a 3Eh	Identificación lógica de dispositivo simple	Datos aplicativos enviados por un dispositivo simple	Dispositivo simple → Dispositivo inteligente en comunicación intra-nivel 1
	Valores pares de 40h a 7Eh	Identificación lógica de dispositivo simple	Datos de sistema enviados por un dispositivo simple	Dispositivo simple → Dispositivo inteligente en comunicación intra-nivel 1
	80h a 8Fh	Identificación lógica de dispositivo inteligente	Datos enviados por un dispositivo inteligente	Dispositivo inteligente → Dispositivos inteligentes en comunicación inter-nivel 1
Referencia lógica	9000h a 9FFFh	9000h a 9FFFh	Datos con referencia universal (reloj ...)	Comunicación directa entre dispositivos en comunicación intra o inter-nivel 1
Referencia lógica	A000h a FFFFh	A000h a FFFFh	Datos con referencia asignada dinámicamente	Cualquier comunicación

Cabe señalar que diferentes datos dentro de una agrupación deberían tener diferentes referencias de datos. La misma referencia de datos puede ser usada para datos de diferentes agrupaciones dentro de un sistema RTDDB.

- 5 Con respecto a la codificación de la trama RTDDB, cada dispositivo puede publicar tramas RTDDB que son enviadas sobre la red Ethernet usando UDP e IP. Las tramas son publicadas cíclicamente o cuando se produce un cambio o un evento. Cada trama puede ser enviada a un dispositivo usando una dirección IP individual, a un grupo de dispositivos usados dentro del segmento de red usando una dirección IP de multidifusión de grupo, o a un segmento de red usando una dirección IP de multidifusión de sub-red. Además, los grupos pueden ser definidos dinámicamente.

Tal como se ha indicado anteriormente, cada trama contiene uno o varios datos y cada dispositivo se suscribe a los datos en los cuales está interesado. Además, cada dispositivo en el segmento de red es identificado, preferentemente, por una identificación lógica y cada dato está referenciado.

- 15 Una indicación de fallo es proporcionada por cada trama para indicar cuándo se produce un fallo en el editor. Además, cada dato tiene un estado de actualización asociado, que puede indicar el estado de la parte productora de datos correspondiente del editor. Cada subscriptor puede controlar la inmediatez de los datos recibidos.

- 20 Un gestor de red, usando servicios de mensajería u otros servicios de comunicación, realiza una configuración RTDDB de cada dispositivo. La configuración RTDDB incluye las identificaciones lógicas de dispositivo, referencias de datos, información de temporización y direcciones IP de multidifusión. Preferentemente, todos los dispositivos que participan en el sistema RTDDB tienen la misma dirección IP de sub-red. Además, es deseable que no se use un router en el sistema RTDDB.

Con respecto a la Figura 9, la parte 28 de aplicación de la trama publicada está compuesta de cinco campos diferentes: (1) Cabecera 30 A\_PDU; (2) Indicación de fallo 32; (3) Acelerador 34; (4) Campo 36 de gestión de datos; (5) Campo 38 de valor de datos.

- 25 La Figura 10 muestra la realización preferente de una cabecera 30 A\_PDU que tiene un indicador 40 de mensaje, un indicador 42 RTDDB y un indicador 44 de longitud de mensaje.

Con respecto a la indicación de fallo, cada trama contiene una indicación de fallo que indica cuándo se produce un fallo en el dispositivo editor. Un valor diferente de 0 indica un fallo. La codificación de este byte es específica de la aplicación. Esta indicación puede ser usada para indicar, muy rápidamente, a otros dispositivos que participan en la aplicación, que se ha producido un fallo (por ejemplo, una indicación rápida de un fallo de watch-dog en un dispositivo simple, enviada al dispositivo inteligente, o una indicación rápida de un dispositivo inteligente en modo local, enviada a otros dispositivos inteligentes).

El campo 34 acelerador es usado para proporcionar capacidad de conocer, de manera muy rápida y fácil, si los datos pueden ser direccionados a un dispositivo en el resto de la trama. Este acelerador es especialmente útil en dispositivos simples. Preferentemente, este campo es una síntesis de 5 bytes de todas las referencias de datos incluidas en la trama:

Tipos de referencia de datos de 1 byte	Referencias lógicas de dispositivos simples de 4 bytes
--	--

El primer byte, los tipos de referencias de datos, es una cadena de 8 bits que indica qué tipos de referencias de datos se usan en la trama, en base al primer byte de cada referencia de datos:

Bit puesto a 1 en el byte de tipos de referencias de datos	Que indica que al menos el primer byte de una referencia de datos tiene un valor:
Bit 7	Valores impares de 01h a 3Fh
Bit 6	Valores impares de 41h a 7Fh
Bit 5	Valores pares de 00h a 3Eh
Bit 4	Valores pares de 40h a 7Eh
Bit 3	80h a 8Fh
Bit 2	90h a 9Fh
Bit 1	A0h a FFh

El bit 0 está puesto a 0

Si el bit7 o el bit 6 del byte anterior está a 1, los cuatro bytes siguientes (byte1 a byte4 mostrados en la Figura 11) son una cadena de 32 bits, que indica qué grupo de identificaciones lógicas son direccionadas (los bits correspondientes están puestos a 1). Por ejemplo, el Bit0 indica que al menos un dispositivo que tiene una identificación lógica de 0 a 7 es direccionado, el bit 1 indica que al menos un dispositivo que tiene una identificación lógica de 8 a 15 es direccionado, ... el bit31 indica que al menos un dispositivo que tiene una identificación lógica de 248 a 255 es direccionado. Si el bit7 y el bit 6 del byte anterior están a 0, los bytes de byte1 a byte4 están a 0.

El campo de gestión de datos tiene, preferentemente, la estructura identificada en la Figura 12. La longitud 46 del campo de gestión proporciona la longitud en bytes del resto del campo de gestión de datos. Para cada dato, un índice (una palabra 48 de 2 bytes) proporciona la posición del valor del dato: Este es el número de bytes desde el principio del campo de gestión de datos y antes del primer byte de datos (no incluido).

Preferentemente, cada dato tiene la estructura siguiente: n d1 .... dn rf, en la que n es igual a la longitud en bytes de los datos (limitando la longitud de los datos a 255 bytes), d1 es igual al valor del primer byte (primer byte de datos), dn es igual al valor del último byte (último byte de datos), rf es igual al estado de actualización, que puede indicar el estado de la parte productora de datos correspondiente del editor: xxxx xxx0 cuando no es válido, y xxxx xxx1 cuando es válido, donde x significa específico de la aplicación. Además, cada suscriptor puede controlar la inmediatez de los datos recibidos.

La Figura 13 representa ejemplos de las tramas publicadas. En particular, el número de referencia 50 representa una trama de la capa de aplicación para enviar a un dispositivo simple, en la identificación lógica 32, un dato actualizado de una palabra con el primer byte 01 de la referencia física, sin ningún error. El número de referencia 52 muestra una trama de la capa de aplicación para enviar a dos dispositivos simples, en las identificaciones lógicas 32 y 33, un dato actualizado de una palabra con el primer byte 01 de la referencia física, sin ningún error. El número de referencia 54 representa una trama de la capa de aplicación para enviar por un dispositivo simple, en la identificación lógica 07, un dato actualizado de una palabra con el primer byte 00 de la referencia física, sin ningún error. El número de referencia 56 ilustra una trama de la capa de aplicación para enviar por un dispositivo simple, en la identificación lógica 07, dos datos actualizados de una palabra con los primeros bytes 00 y 02 de la referencia física, sin ningún error. El número de referencia 58 ilustra una trama de la capa de aplicación para enviar por un dispositivo un dato actualizado de una palabra con la referencia lógica A000h, sin ningún error. El número de referencia 60 representa una trama de la capa de aplicación para enviar por un dispositivo dos datos actualizados de una palabra con la referencia lógica A000h y A001h, sin ningún error. La Figura 62 muestra una trama de la capa de aplicación para

5 enviar por un dispositivo inteligente en la identificación lógica 32, a otros dispositivos inteligentes, un dato actualizado por defecto de 8 bytes con el primer byte 80 de la referencia física, sin ningún error. La Figura 82 representa una trama de la capa de aplicación para enviar por un dispositivo inteligente en la identificación lógica 32, a otros dispositivos inteligentes, dos datos actualizados de una palabra con los primeros bytes 80 y 81 de la referencia física, sin ningún error.

Cabe señalar que esta estructura proporciona capacidad de direccionamiento para 32 datos, teniendo cada uno hasta 4 palabras de aplicación, (longitud de trama de aplicación de 458 bytes, sin A\_PDU), u 8 datos con 16 palabras de aplicación y 24 datos con una palabra de aplicación (longitud total de trama total de 504 bytes, sin A\_PDU).

10 En una realización, un adaptador de comunicaciones puede ser proporcionado para la interconexión entre un cuerpo de transferencia, que puede ser una parte del dispositivo simple, y la red de comunicaciones, que tiene los dispositivos simples y cada uno de los dispositivos inteligentes conectados al mismo. El cuerpo de transferencia incluye una pluralidad de registros de transferencia para comunicar datos relacionados con los dispositivos de campo, y un registro de identificación para identificar datos relacionados con los dispositivos de campo. Además, hay provista una porción de interfaz que tiene un puerto de identificación que se comunica con el registro de  
15 identificación, un puerto de transferencia que se comunica con los registros de transferencia, en el que el cuerpo de transferencia está adaptado para ser conectado directamente a y comunicarse con cada dispositivo inteligente a través de la porción de interfaz. Además, el adaptador de comunicaciones puede estar conectado, de manera que puede ser desconectado, al cuerpo de transferencia a través del puerto de transferencia y el puerto de identificación, en el que el adaptador de comunicaciones está configurado para comunicarse con un tipo específico de dispositivo  
20 inteligente. Dicho un adaptador de comunicaciones se divulga, por ejemplo, en la solicitud de patente US No. 09/036.565, presentada el 9 de Marzo de 1998.

Aunque se han ilustrado y descrito las realizaciones específicas, numerosas modificaciones son posibles sin apartarse significativamente del alcance de la invención que está limitada únicamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de comunicación para automatización industrial, para la comunicación dentro de un sistema de control, en el que el sistema de comunicación usa una relación editor/subscriptor, en el que el sistema de comunicación para automatización industrial comprende:
- 5 una pluralidad de dispositivos (18) de entradas/salidas, conectados a una primera red de comunicación industrial intra-nivel, en el que cada dispositivo de entradas/salidas está adaptado para intercambiar datos con otros dispositivos de entradas/salidas dentro de la primera red de comunicación industrial intra-nivel;
- al menos un controlador (16) lógico programable conectado a la primera red de comunicación industrial intra-nivel, estando adaptado cada controlador lógico programable para intercambiar datos con cada dispositivo de
- 10 entradas/salidas sobre la primera red de comunicación industrial intra-nivel;
- una pluralidad de dispositivos de entradas/salidas conectados a una segunda red de comunicación intra-nivel, estando adaptado cada dispositivo de entradas/salidas para intercambiar datos con los otros dispositivos de entradas/salidas dentro de la segunda red de comunicación industrial intra-nivel;
- al menos un controlador lógico programable conectado a la segunda red de comunicación industrial intra-nivel, estando adaptado cada controlador lógico programable para intercambiar datos con cada dispositivo de
- 15 entradas/salidas en la segunda red de comunicación industrial intra-nivel; y
- un conector central intra-nivel, adaptado para conectar la primera red de comunicación intra-nivel a la segunda red de comunicación intra-nivel;
- en el que la pluralidad de dispositivos (18) de entradas/salidas conectados a la primera red de comunicación
- 20 industrial intra-nivel y a la segunda red de comunicación industrial intra-nivel están configurados además para enviar al menos una trama sobre la primera red de comunicación industrial intra-nivel y la segunda red de comunicación industrial intra-nivel usando un protocolo de transporte de datagrama de usuario de internet y protocolo de internet, caracterizado porque la al menos una trama que incluye un campo (34) acelerador comprende una cadena de bits, en la que cada bit de la cadena de bits está asociado con una pluralidad diferente de identificaciones de dispositivos
- 25 lógicos, en el que el valor de cada uno de entre la pluralidad de bits indica si la al menos una trama está asociada con la pluralidad correspondiente de identificaciones de dispositivos lógicos, de manera que un dispositivo puede determinar rápidamente si el dato está direccionado a ese dispositivo en el resto de la al menos una trama.
2. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama es enviada a un dispositivo conectado a la primera red intra-nivel usando una dirección de protocolo de Internet individual.
- 30 3. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama es enviada a un grupo de dispositivos conectados a la primera red intra-nivel usando una dirección de protocolo de internet de mutidifusión de grupo.
4. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama es enviada a todos los dispositivos conectados a la primera red intra-nivel usando una dirección de protocolo de internet de mutidifusión de agrupación.
5. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama es publicada cíclicamente.
- 35 6. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama es publicada cuando se produce un evento predeterminado.
7. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama contiene datos y algunos de los dispositivos conectados a la primera red intra-nivel se subscriben a los datos.
8. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama es recibida por un dispositivo conectado a
- 40 la primera red intra-nivel que tiene un estado de actualización y un temporizador de inmediatez que responde a los datos recibidos.
9. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que la trama incluye un campo (32) de indicación, un campo (36) de gestión para decodificar la trama.
10. Sistema de comunicación según la reivindicación 1, en el que los dispositivos de entradas/salidas se establecen
- 45 inicialmente en una configuración por defecto para minimizar la comunicación sobre la red.
11. Sistema de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la trama comprende una trama de base de datos distribuida de tiempo real (RTDDB).

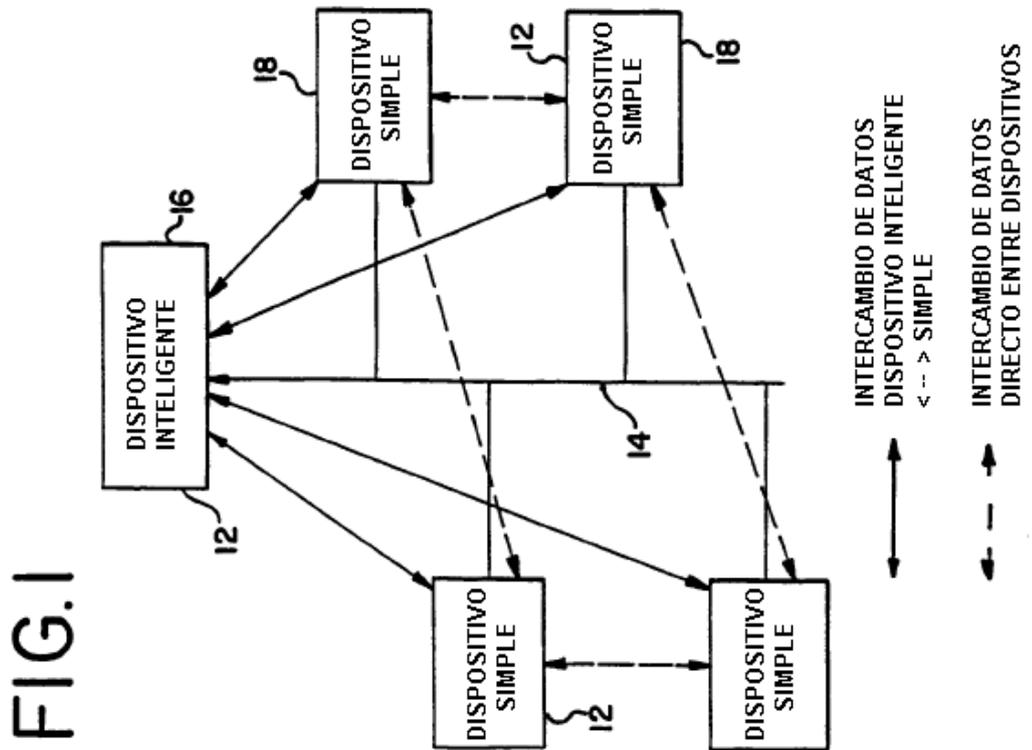
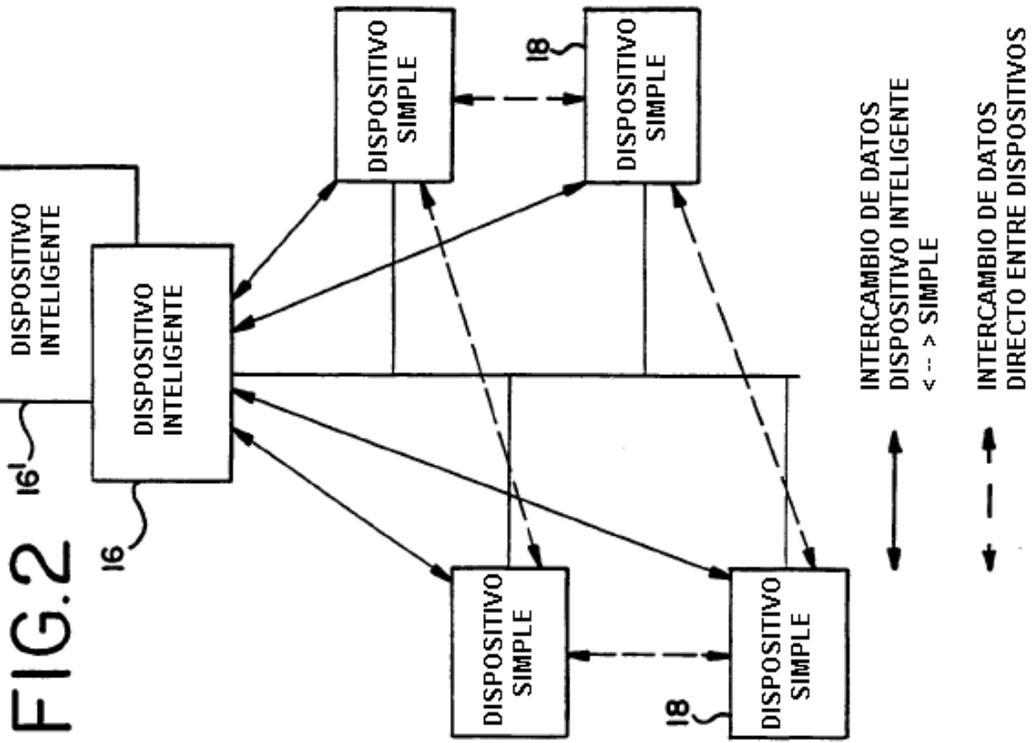


FIG. 3

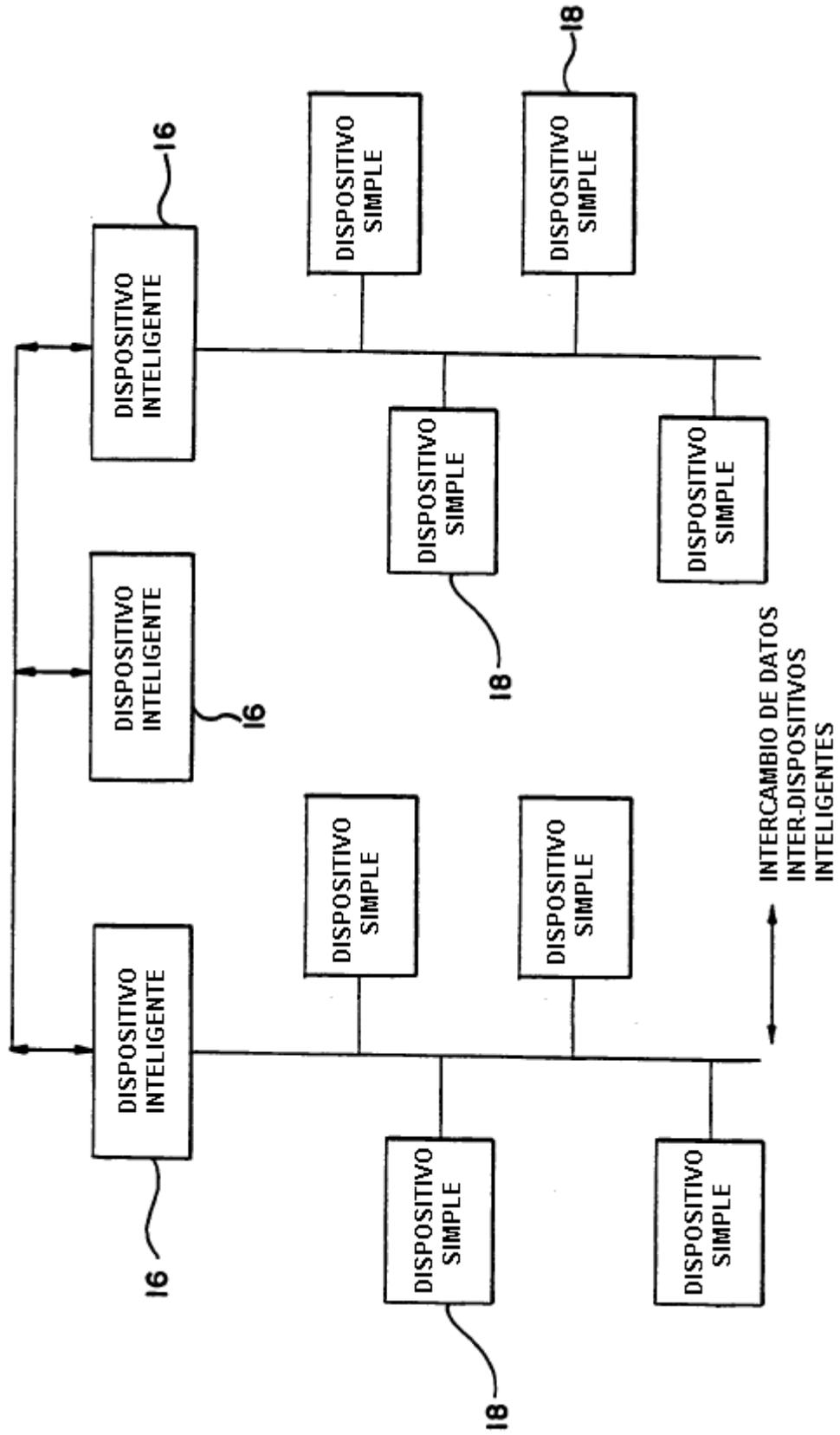


FIG. 4

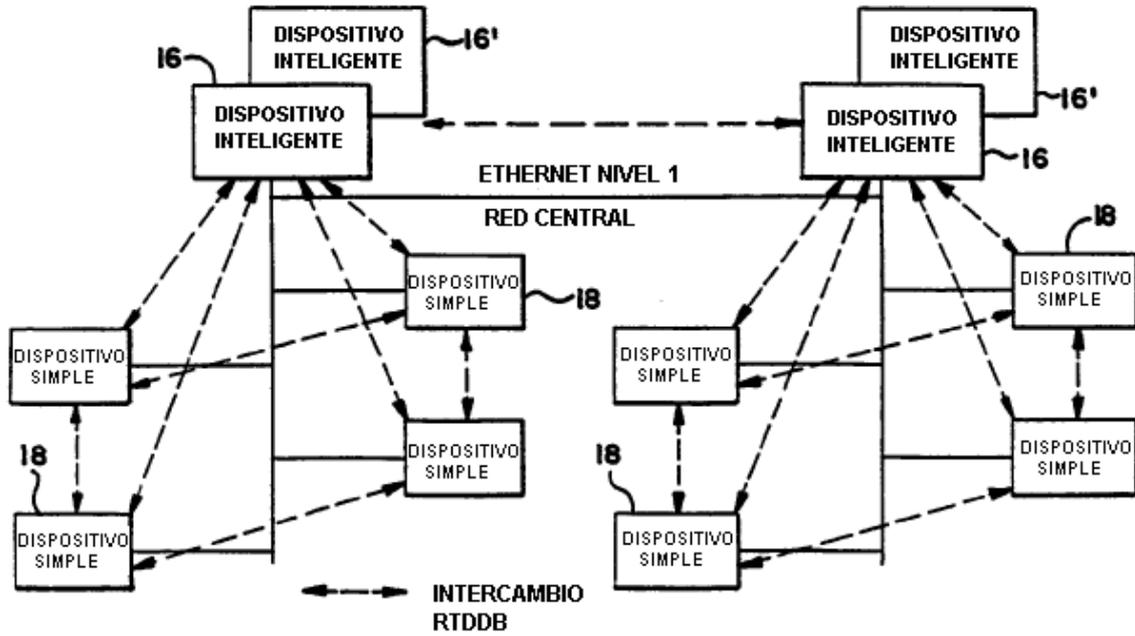


FIG. 5

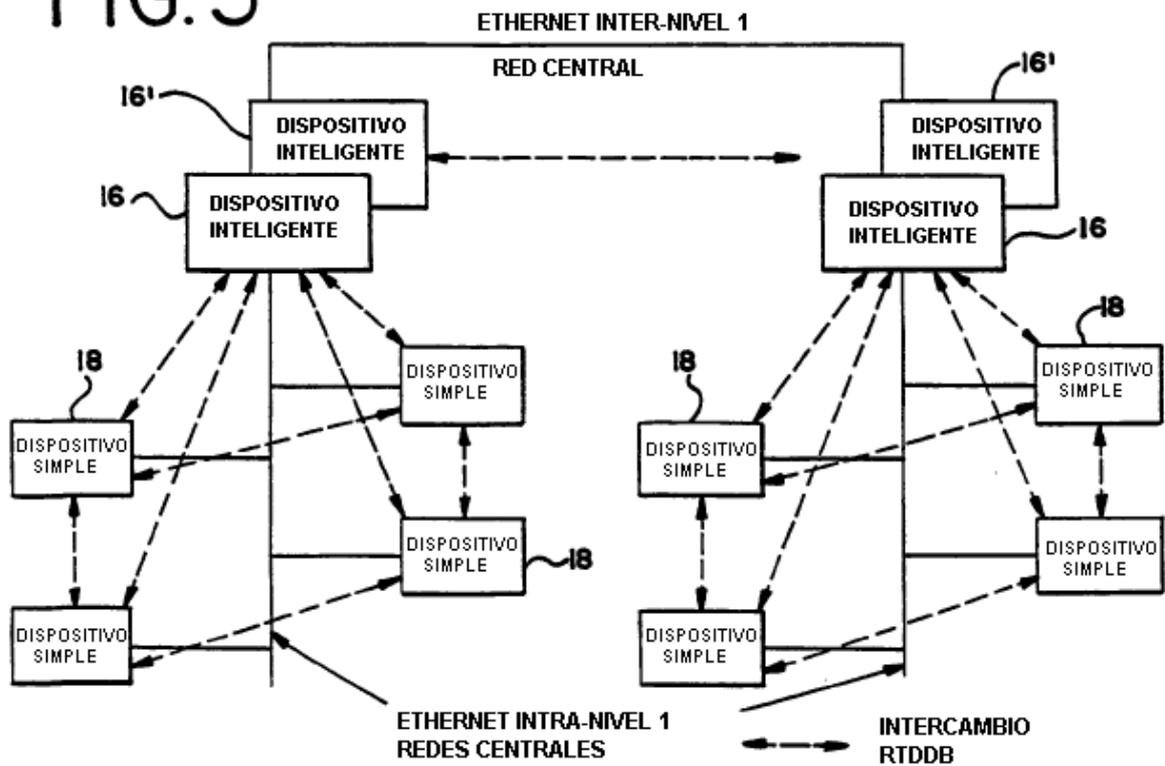


FIG. 6

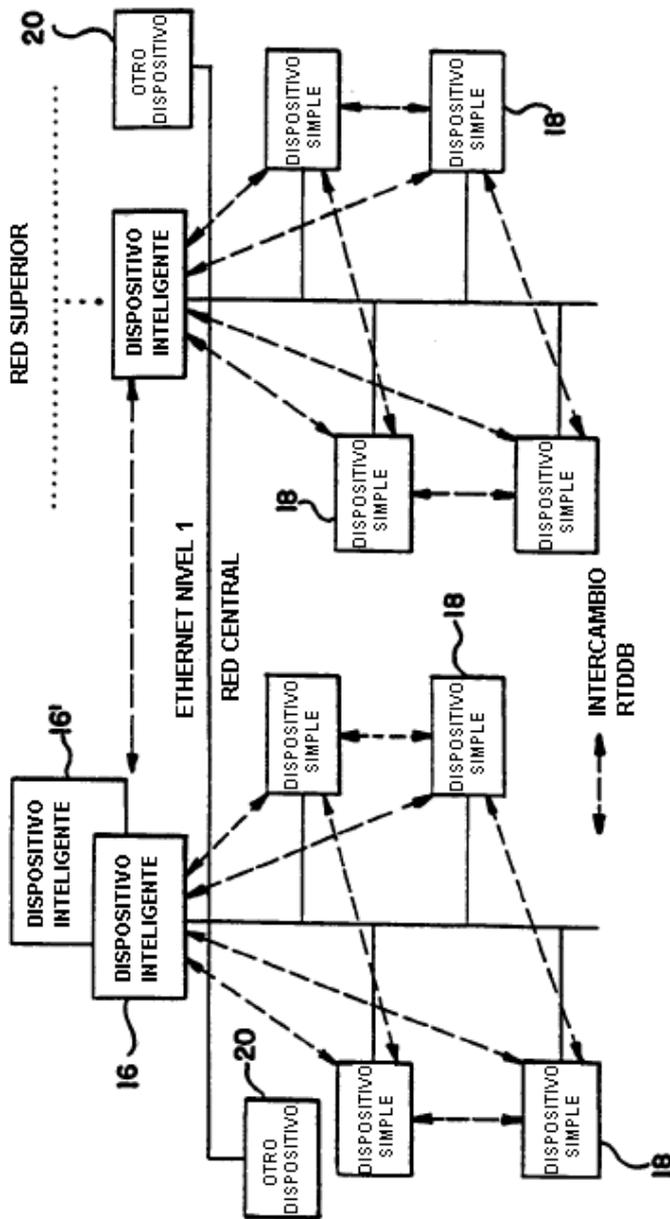


FIG. 7

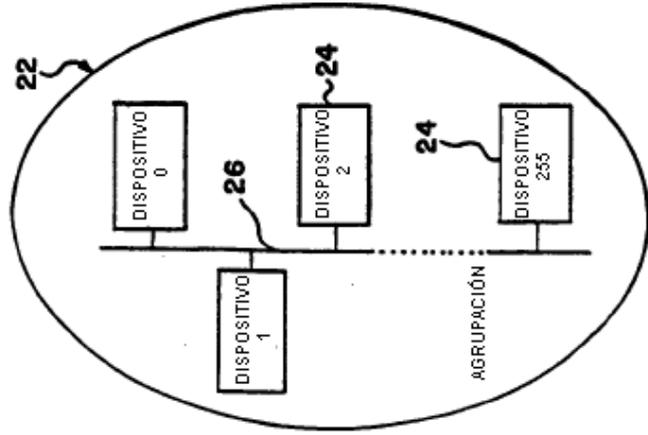


FIG.8

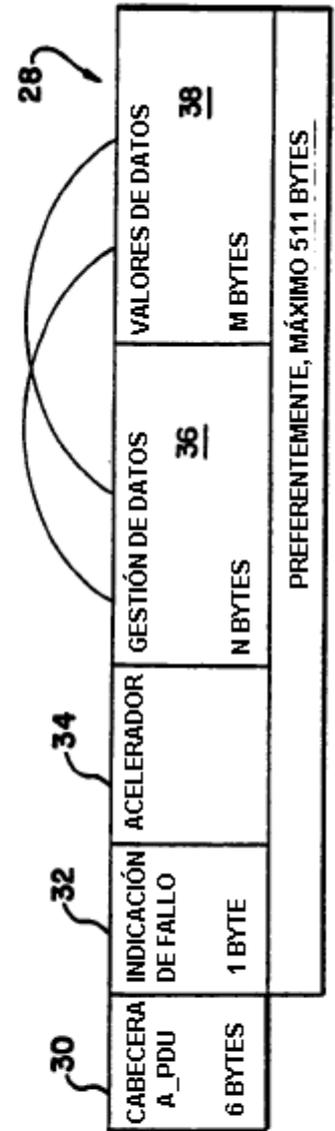
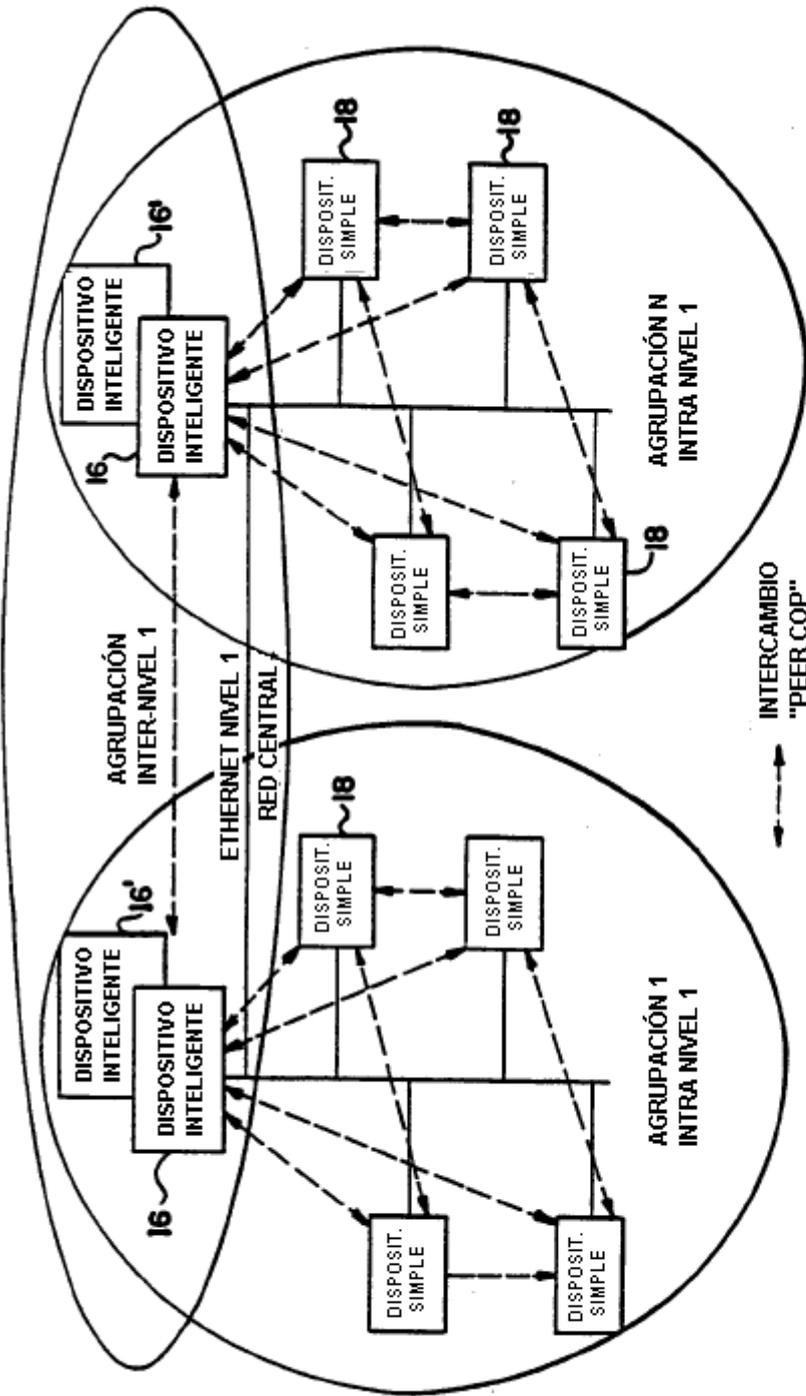


FIG.9

FIG. 10



FIG. 11

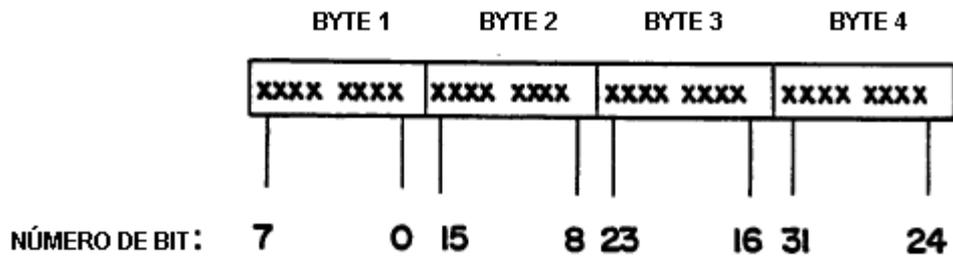


FIG. 12

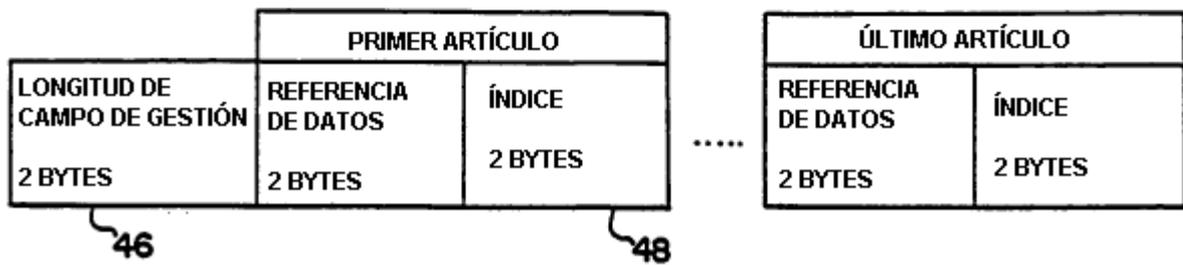


FIG.13

