

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 950**

51 Int. Cl.:

H04L 12/721 (2013.01)

H04L 12/733 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2012 PCT/FR2012/051946**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013 WO13030505**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2012 E 12756797 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2751959**

54 Título: **Procedimiento de intercambio de datos entre los nodos de un grupo de servidores y un grupo de servidores que implementa este procedimiento**

30 Prioridad:

30.08.2011 FR 1157644

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

16.05.2019

73 Titular/es:

**BULL S.A.S. (100.0%)
Rue Jean Jaurès, BP 68
78340 Les Clayes-sous-Bois, FR**

72 Inventor/es:

**LECOURTIER, GEORGES y
SPIR, ALAIN**

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 712 950 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

Procedimiento de intercambio de datos entre los nodos de un grupo de servidores y un grupo de servidores que implementa este procedimiento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de intercambio de datos entre los nodos de un grupo de servidores y un grupo de servidores que implementa este procedimiento.

10 Se basa, de manera más precisa, en un grupo de servidores que consta de una pluralidad de nodos interconectados por una red de interconexión geográfica que consta de una pluralidad de segmentos de transmisión que conecta los nodos entre sí.

15 Un grupo de servidores de este tipo generalmente adopta la forma de una instalación informática que comprende varios ordenadores en red, que aparecen desde el exterior como una calculadora con una gran potencia de cálculo, denominada calculadora de computación de alto rendimiento de procesamiento o calculadora HPC (del inglés "High Performance Computing"). Tal instalación optimizada permite la distribución de procesamientos complejos y/o cálculos paralelos en al menos una parte de los nodos del grupo.

20 El conjunto de ordenadores/calculadoras en el grupo de servidores, los módulos de gestión de cuadro en donde generalmente están integrados y los módulos de gestión de bahías informáticas en donde estos cuadros están generalmente integrados ellos mismos constituye el conjunto los nodos de este grupo, sabiendo que el término "nodo" denota una calculadora o un módulo de gestión que puede constar de una o varias unidades de procesamiento. Entonces podemos distinguir dos tipos de nodos: los nodos de cálculo y los nodos de servicio. Los nodos de cálculo son aquellos que realmente ejecutan las diferentes instrucciones de procesamientos complejos y/o cálculos paralelos: intercambian datos de cálculo entre sí. Además, intercambian datos de servicio con los nodos de servicio que los supervisan. Los nodos de servicio, por su parte, únicamente intercambian datos de servicio con los otros nodos del grupo de servidores.

30 Los nodos de un grupo de servidores generalmente están todos conectados a la misma primera red de administración general que funciona según el protocolo IP (TCP/IP en particular), a través de conexiones de transmisión de datos por paquetes, Ethernet, por ejemplo, para el intercambio de datos de servicio. Es, por ejemplo, entre otras cosas, a través de esta red como se transmiten mensajes de notificación de eventos, tales como notificaciones de fallas, errores u otras alertas. Entre estos nodos, por lo tanto, un servidor de administración general conectado a esta primera red puede intercambiar datos de servicio con todos los otros nodos del grupo de servidores desde el momento en que cada uno de estos nodos tenga una dirección IP única en esta primera red de administración.

40 Para la ejecución de cálculos complejos a alta velocidad, los nodos de un grupo de servidores también están generalmente interconectados entre sí por una segunda red diseñada para la transmisión de datos de cálculo de los procesamientos complejos y/o cálculos paralelos. Esta red para la gestión de datos de cálculo, utilizada para la ejecución de cálculos de alta velocidad con ayuda de varias calculadoras solicitadas en paralelo, es muy eficiente en términos de velocidad de transmisión al permitir que los datos se transmitan en menos de un microsegundo de un nodo a otro en el grupo de servidores. Por lo tanto, es esta segunda red la que sirve, entre otras cosas, para intercambiar datos de cálculo entre los nodos porque es significativamente más rápida en transmisión que la primera red de administración.

45 Los nodos de un grupo de servidores pueden, además, estar interconectados por una o más redes, en particular, redes de gestión de datos de servicio, posiblemente dedicados a ciertas tareas e independiente de la primera y de la segunda red.

50 Al menos una de las redes que interconectan los nodos del grupo de servidores, que es la primera red de administración general, la segunda red de gestión de datos de cálculo o cualquier otra red posible, consta de una pluralidad de segmentos de transmisión que conectan punto a punto cada uno de los dos elementos del grupo de servidores, como dos filas de bahías informáticas, dos bahías informáticas de la misma fila, dos chasis de la misma bahía o dos calculadoras de un mismo cuadro. Esta red está calificada como una red de interconexión geográfica en el sentido de una cartografía física de los nodos de la red, siendo esta cartografía correlacionada directamente con la topología de la red.

60 Además de su dirección IP, los nodos de un grupo de servidores están identificados de manera única por una dirección MAC (del "Media Access Control") que se les atribuye por construcción a partir del momento en que poseen una interfaz IP compatible con la primera red de administración. Entonces, todo el desafío de una política de direccionamiento es asociar una dirección IP con la dirección MAC de cada nodo, durante la inicialización de este nodo en el grupo de servidores.

65 Pero si la interfaz IP de acceso de un nodo a la primera red de administración no está disponible, en particular, durante su inicialización, o si la propia red de administración no está disponible ella misma, entonces este nodo se vuelve inaccesible para la transmisión de un gran número de datos de servicio.

Por otra parte, la política de direccionamiento IP permite proporcionar una ubicación lógica de cada nodo en la primera red de administración, sino la ubicación geográfica real de cualquier nodo en esta primera red de administración, en la segunda red de gestión de datos de cálculo o en cualquier otra red posible es difícil establecerla sobre la base de su dirección MAC. Requiere una verificación y una cartografía establecidas manualmente por parte de un operador que se desplaza de un nodo a otro para leer las direcciones MAC. Es decir, por una parte, fuente de errores y, por otra parte, inestable, ya que los nodos tienen una vida útil limitada y están diseñados para ser reemplazados de vez en cuando.

Además, las fallas de hardware y ciertas fallas de software de los nodos son generalmente identificables en los propios nodos mediante paneles de control, las operaciones de mantenimiento también requieren el movimiento de operadores de nodo en un nodo para intervenciones locales.

Según un procedimiento conocido de intercambio de datos, los comandos "Traceroute" en Unix o Linux permiten conocer una ruta lógica seguida de datos mediante la identificación de los nodos atravesados por sus direcciones IP, pero no permiten ubicar geográficamente estos nodos.

Según el documento US2011/002334, un contador se utiliza en una red de árbol que se incrementa o disminuye a medida que uno baja o sube en la arborescencia para seguir las transiciones entre las diferentes capas de un paquete de datos.

Por lo tanto, puede ser deseable proporcionar un procedimiento de intercambio de datos entre nodos de un grupo de servidores que permita superar al menos una parte de los problemas y restricciones mencionados anteriormente, en particular, lo que hace posible tener un mejor conocimiento de los nodos que su simple ubicación lógica en la red de administración IP.

El alcance de la protección es como se define en las reivindicaciones adjuntas.

La invención, por lo tanto, tiene por objeto un procedimiento de intercambio de datos entre nodos de un grupo de servidores que consta de una pluralidad de nodos interconectados por una red de interconexión geográfica que consta de una pluralidad de segmentos de transmisión que conecta los nodos entre sí, constanding el procedimiento de:

- la emisión por un nodo, denominado nodo emisor, de datos destinados a al menos otro nodo, denominado nodo receptor,
- la transmisión de estos datos con ayuda de la red de interconexión geográfica,
- la recepción de los datos por cada nodo receptor,

caracterizado por que los datos se proporcionan al nodo receptor con información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor durante su transmisión.

De este modo, este procedimiento de intercambio de datos hace posible identificar la ruta seguida por los datos entre el nodo emisor y el nodo receptor en la red de interconexión geográfica, lo que equivale a identificar la ubicación geográfica relativa de estos dos nodos cuando la red de interconexión está claramente estructurada geográficamente. En particular, es el caso de una red de interconexión geográfica constituida por segmentos de transmisión que conectan, por ejemplo, cada punto de los dos elementos del grupo de servidores, como dos filas de bahías informáticas, dos bahías informáticas de la misma fila, dos cuadros de la misma bahía o dos nodos de un mismo cuadro.

De forma opcional, la pluralidad de segmentos de transmisión se organiza según un número limitado predeterminado de direcciones de conexiones y la información relativa a los segmentos de transmisión atravesados se expresa en un sistema de coordenadas expresadas en estas direcciones de conexiones.

De forma opcional también, la información relativa a los segmentos de transmisión atravesados consta de, al menos, un contador incrementado o disminuido tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por los datos durante su transmisión, en particular, un contador por dirección de las conexiones incrementadas o disminuidas desde que un segmento de transmisión que conecta dos nodos según la dirección correspondiente es atravesado por los datos durante su transmisión.

De forma opcional también, un valor de incremento o de disminución está asociado a cada segmento de transmisión y se define en función de la presencia o no de al menos un nodo adicional del grupo de servidores no conectado a la red de interconexión geográfica, sino dispuesto geográficamente entre los dos nodos interconectados por este segmento de transmisión.

De forma opcional también, para la atribución de una dirección geográfica a cada nodo, un procedimiento según la invención puede constar de:

- la selección de un origen geográfico seleccionado entre los nodos del grupo de servidores,
- la atribución de una dirección de origen a este origen geográfico, y la inicialización del contador a al menos un valor determinado a partir de la dirección de origen atribuida,
- 5 - la transmisión por el origen geográfico, a todos los demás nodos del grupo de servidores, denominados nodos receptores, un mensaje identificado como que requiere la atribución de una dirección geográfica y que incluye el contador, constanding esta transmisión del incremento o la disminución del contador tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por el mensaje,
- la atribución, en cada nodo receptor, de una dirección geográfica en el grupo de servidores determinada a partir del valor adoptado por el contador cuando el nodo receptor recibe el mensaje,
- 10 - el registro de la dirección geográfica de cada nodo en los medios de almacenamiento de direcciones del grupo de servidores.

De forma opcional también, la dirección geográfica atribuida a uno cualquiera de los nodos del grupo de servidores es registrada localmente por este nodo en unos medios de almacenamiento de los que esta consta.

15 De forma opcional también, para una verificación la integridad de la red de interconexión geográfica y las direcciones geográficas atribuidas, un procedimiento según la invención puede constar de:

- la inicialización del contador a al menos un valor determinado a partir de la dirección geográfica de un nodo administrador encargado de verificar dicha integridad,
- 20 - la transmisión por este nodo administrador, a todos los demás nodos del grupo de servidores, denominados nodos receptores, de un mensaje identificado como que requiere una verificación de dicha integridad y que incluye el contador, constanding esta transmisión del incremento o la disminución del contador tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por el mensaje,
- 25 - el reenvío al nodo administrador, por al menos una parte de los nodos receptores, de mensajes de validación o de error en respuesta al mensaje de solicitud,
- la detección de un posible mal funcionamiento de la red de interconexión geográfica o de una posible incoherencia en la atribución de las direcciones geográficas basándose en los mensajes devueltos al nodo administrador.

30 De forma opcional también:

- con motivo de la emisión, por el nodo emisor, de datos destinados al nodo receptor, el contador se inicializa en al menos un valor determinado a partir de la dirección geográfica del nodo emisor,
- 35 - durante la transmisión de estos datos con ayuda de la red de interconexión geográfica, el contador aumenta o disminuye tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por un mensaje que consta de estos datos y los datos se transmiten, además, con al menos un valor correspondiente a la dirección geográfica del nodo receptor,
- los datos son considerados como habiendo alcanzado el nodo receptor cuando el valor del contador es igual al valor de la dirección geográfica del nodo receptor transmitido con los datos.

40 De forma opcional también, los datos transmitidos por el nodo emisor hacia el nodo receptor consta de uno de los elementos del conjunto que consiste en:

- una solicitud de atribución de dirección geográfica al nodo receptor, siendo el nodo emisor de esta solicitud un origen geográfico seleccionado entre los nodos del grupo de servidores,
- 45 - una solicitud de verificación de dirección geográfica del nodo receptor, siendo el nodo emisor de esta solicitud un origen geográfico seleccionado entre los nodos del grupo de servidores,
- una solicitud de dirección MAC, siendo el nodo emisor de esta solicitud un nodo administrador de direcciones MAC de todos los nodos del grupo de servidores,
- 50 - una respuesta a una solicitud de dirección MAC,
- una orden de emulación de una función de orden de un panel de control del nodo receptor, en particular, de una función de reinicio, de restauración de funcionamiento, de inicialización o de mantenimiento, y
- una orden de emulación de una función de control de un panel de control del nodo receptor, en particular, de una función de señalización o de alarma.

55 La invención también tiene por objeto un grupo de servidores que consta de una pluralidad de nodos interconectados por una red de interconexión geográfica que consta de una pluralidad de segmentos de transmisión que conecta los nodos entre sí, constanding el grupo de servidores de medios de transmisión, con ayuda de la red de interconexión geográfica, de datos emitidos por un nodo, denominado nodo emisor, y destinados a al menos otro nodo, denominado nodo receptor, caracterizada por que consta de:

- medios de generación de información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados entre este nodo emisor y este nodo receptor durante la transmisión, y
- 60 - medios de suministro, al nodo receptor, de esta información con los datos transmitidos.

65

De forma opcional:

- los nodos están además interconectados entre sí por una red de administración adaptada para la transmisión de datos de servicio según el protocolo IP y cada uno consta de una interfaz de red de dirección MAC predefinida,
- se proporcionan unos medios de direccionamiento para la atribución de una dirección geográfica en cada nodo del grupo de servidores basándose en la información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados entre un nodo seleccionado como origen geográfico y cada nodo, y
- unos medios de registro previstos para registrar y almacenar la dirección geográfica asignada a cada nodo en asociación con su dirección MAC.

De forma opcional también:

- cada nodo se incluye en un cuadro, él mismo incluido en una bahía informática, que está incluida en una fila de bahías informáticas, constanding el grupo de servidores de una pluralidad de filas de bahías informáticas,
- la red de interconexión geográfica consta de una pluralidad de segmentos de interconexión de las filas entre sí, de segmentos de interconexión de bahías informáticas de una misma fila entre sí, de segmentos de interconexión de cuadro de una misma bahía informática entre sí y de segmentos de interconexión de nodos de un mismo cuadro entre sí,

constando el grupo de servidores de medios para intercambiar datos entre el nodo emisor y cada nodo receptor diseñados para transmitir, con estos datos, al menos una información relacionada con el número de segmentos de interconexión de filas atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor, el número de segmentos de interconexión de la bahía informática atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor y el número de segmentos de interconexión del cuadro atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor.

De forma opcional también, la información relacionada con los segmentos de transmisión atravesados entre el nodo emisor y cada nodo receptor que constan al menos un campo de indicación del número de segmentos de interconexión de filas atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor, un campo de indicación del número de segmentos de interconexión de la bahía informática atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor y un campo de indicación del número de segmentos de interconexión del cuadro atravesados entre el nodo emisor y este nodo receptor, medios de incremento o disminución se proporcionan para el incremento o disminución de cada uno de estos campos tan pronto como un segmento correspondiente es atravesado por un mensaje que incluye datos intercambiados entre el nodo emisor y el nodo receptor.

De forma opcional también, un grupo de servidores según la invención puede constar de:

- una primera red de administración general que interconecta todos los nodos entre sí, y
- al menos una segunda red de gestión de datos de cálculo destinados a intercambiarse entre los nodos, interconectando al menos una porción de los nodos entre sí,

y dicha red de interconexión geográfica puede ser una red adicional, distinta de la red de administración general y de la red de gestión de datos de cálculo, en particular, una red que implementa el protocolo HDLC.

La invención se comprenderá con ayuda de la siguiente descripción, aportada únicamente a título de ejemplo y realizada con referencia a los dibujos adjuntos en donde:

- la figura 1 representa esquemáticamente la estructura general de un grupo de servidores según un modo de realización de la invención,
- la figura 2 detalla esquemáticamente la estructura general de una bahía informática del grupo de servidores de la figura 1,
- la figura 3 ilustra las etapas sucesivas de un procedimiento de intercambio de datos implementado en el grupo de servidores de la figura 1,
- las figuras 4 y 6 ilustran posibles aplicaciones y variantes del procedimiento de la figura 3, y
- la figura 5 ilustra las etapas sucesivas de un procedimiento de recorrido del grupo de servidores de la figura 1 para una implementación iterativa del procedimiento de la figura 4.

El grupo de servidores 12 ilustrado en la figura 1 consta de una pluralidad de bahías informáticas designadas $B_{i,j}$ en función de su posición. Este grupo de servidores está organizado, por ejemplo, en varias filas R_1 R_i , ... R_l , constanding cada una de estas filas de al menos una bahía informática. Cabe señalar que el número de bahías por fila no es necesariamente idéntico de una fila a otra. De este modo, en el ejemplo ilustrado en la figura 1, la primera fila de bahías R_1 consta de J_1 bahías informáticas denominadas $B_{1,1}, \dots, B_{1,J_1}$, la i -ésima fila R_i consta J_i de las bahías informáticas J_i denominadas $B_{i,1}, \dots, B_{i,J_i}$ y la última fila de las bahías R_l consta J_l de las bahías informáticas anotadas $B_{l,1}, \dots, B_{l,J_l}$. En particular, la j -ésima bahía informática de la i -ésima fila R_i está anotada $B_{i,j}$.

Como se detallará más detalladamente con referencia a la figura 2, y en una visión simplificada del grupo de servidores 12 donde cada bahía informática es operativa y está provista de medios de cálculos, cada bahía informática consta en sí de al menos un cuadro, constando cada cuadro de cada bahía informática él mismo de al menos una calculadora, es decir, un nodo de cálculo. Tal calculadora es, como ya se indicó anteriormente, un nodo del grupo de servidores 12 y consta de una o varias unidades de procesamiento. Según esta arquitectura convencional, cada nodo del grupo de servidores 12 está incluido, por lo tanto, en un cuadro, incluido a su vez en una bahía informática, que está incluida en una de las filas R1 Ri, ...RI.

El grupo de servidores 12 está destinado a conectarse a una red troncal (no representada) generalmente llamada red troncal (del inglés "backbone network") y, por lo tanto, aparece desde el exterior, es decir, desde el punto de vista de un terminal de control también conectado a la red troncal, como una sola entidad de calculadora HPC.

Ciertos nodos del grupo de servidores 12 son nodos de servicio, por ejemplo, los módulos de gestión de cuadro y los módulos de gestión de bahías informáticas. También se incluyen algunas calculadoras dedicadas en el grupo de servidores: por ejemplo, una interfaz de procesamiento, denominada interfaz de inicio de sesión, un servidor de administración general, un servidor de gestión de datos descriptivos del grupo, un servidor de gestión de entradas/salidas y un servidor de copia de seguridad. La mayoría de estas calculadoras dedicadas están duplicadas por razones de seguridad. Los otros nodos del grupo de servidores 12 son nodos de cálculo cuya actividad es gestionada, en particular, por el servidor de administración general.

Los diferentes nodos mencionados anteriormente del grupo de servidores 12 están interconectados entre sí por medio de varias redes.

De forma opcional, una o varias redes de servicio (no ilustradas) pueden conectar específicamente servidores de cálculo rápido para formar entre sí una o varias subredes en donde se aceleran las transferencias de datos de servicio. Pueden adoptar la forma de redes en bus, en anillo, en malla o según otras topologías conocidas.

Por otra parte, una red de administración (no ilustrada) que funciona según el protocolo IP, en general de tipo Ethernet, permite conectar el servidor de administración general del grupo de servidores 12 a todos los demás nodos. De forma opcional, esta red de administración general puede ser duplicada por una red de control primario dedicada al encendido, al arranque, a la detención y al procesamiento de ciertos errores primarios predeterminados, denominados errores fatales y generar archivos Core, de los servidores que administra. Tal red de administración general presenta, por ejemplo, una velocidad de bits del orden de 100 Mbits/s.

Por último, una o varias redes diferentes, denominadas redes de gestión de datos de cálculo, conectan entre sí al menos todos los nodos de cálculo, incluso todos los nodos de cálculo y de servicio, del grupo de servidores 12. Tienen características de velocidad muy altas en comparación con las características de velocidad de la red de administración. De hecho, es a través de esta(s) red(es) de gestión de datos de cálculo que transitan, entre otros, los datos de cálculo necesarios para la ejecución de las instrucciones de procesamiento transmitidas al grupo de servidores 12. Pueden adoptar la forma de redes en árbol (de tipo tree o fat-tree), en anillo, en malla o según otras topologías conocidas. Tales redes de gestión de datos de cálculo presentan, por ejemplo, una velocidad de bits del orden de 40 Gbit/s por enlace.

Al menos una de las redes que conectan los nodos del grupo de servidores, independientemente de si se trata de la o las redes de servicio, la red de administración, la o las redes de gestión de datos de cálculo, o cualquier otra red dedicada, consta de una pluralidad de segmentos de transmisión que conectan punto a punto cada uno de los dos elementos del grupo de servidores, estando estos segmentos organizados según un número limitado predeterminado de direcciones de conexiones. Por ejemplo, según una primera dirección, algunos de estos segmentos de transmisión pueden conectar dos filas adyacentes de bahías informáticas entre sí; según una segunda dirección, ciertos de estos segmentos de transmisión pueden conectar dos bahías informáticas adyacentes de una misma fila entre sí; según una tercera dirección, ciertos de estos segmentos de transmisión pueden conectar dos cuadros adyacentes de una misma bahía entre sí; y según una cuarta dirección, ciertos de estos segmentos de transmisión pueden conectar dos calculadoras adyacentes de un mismo cuadro entre sí.

Esta red es, en lo que sigue de la descripción, calificada de red de interconexión geográfica calificada y se utilizará ventajosamente para la transmisión de datos de servicio. Implementa, por ejemplo, el protocolo HDLC. Si se trata de una red dedicada que no sea la red de administración general y las redes de gestión de datos de cálculo, por ejemplo, puede presentar una velocidad del orden de 1 Mbits/s.

En un primer nivel ilustrado en la figura 1 correspondiente a la primera dirección, y a modo de ejemplo no limitativo, la red de interconexión geográfica consta de una pluralidad de segmentos de transmisión $10_{1/2}, \dots, 10_{i-1/i}, 10_{i/i+1}, \dots, 10_{i-1/i}$ para una interconexión de las filas R1 Ri, ... RI entre sí dos a dos: más precisamente, el segmento $10_{1/2}$ conecta las filas R1 y R2 entre sí por sus primeras bahías $B_{1,1}$ y $B_{2,1}, \dots$ el segmento $10_{i-1/i}$ conecta las filas Ri-1 y Ri entre sí por sus primeras bahías $B_{i-1,1}$ y $B_{i,1}$, el segmento $10_{i/i+1}$ conecta las filas Ri y Ri+1 entre sí por sus primeras bahías $B_{i,1}$ y $B_{i+1,1}, \dots$ y el segmento $10_{i-1/i}$ conecta las filas Ri-1 y Ri entre sí por sus primeras bahías $B_{i-1,1}$ y $B_{i,1}$. Según esta primera dirección de conexión, los segmentos de transmisión $10_{1/2}, \dots, 10_{i-1/i}, 10_{i/i+1}, \dots, 10_{i-1/i}$ constan, por ejemplo, de cables de

aproximadamente 10 metros cada uno.

En un segundo nivel ilustrado en la figura 1 correspondiente a la segunda dirección, y a modo de ejemplo no limitativo, la red de interconexión geográfica consta, además, de una pluralidad de segmentos de transmisión $20_{1,1/2}, \dots, 20_{1,J_1-1/J_1}$ para una interconexión de las bahías informáticas de la primera fila R1 entre sí dos a dos, una pluralidad de segmentos de transmisión $20_{i,1/2}, \dots, 20_{i,J_i-1/J_i}$ para una interconexión de las bahías informáticas de la i-ésima fila Ri entre sí dos a dos, ... y una pluralidad de segmentos de transmisión $20_{1,1/2}, \dots, 20_{1,J_1-1/J_1}$ para una interconexión de las bahías informáticas de última fila R1 entre sí dos a dos: más precisamente, el segmento $20_{1,1/2}$ conecta las bahías informáticas $B_{1,1}$ y $B_{1,2}$ entre sí, ... el segmento $20_{1,J_1-1/J_1}$ conecta las bahías informáticas B_{1,J_1-1} y B_{1,J_1} entre sí, el segmento $20_{i,1/2}$ conecta las bahías informáticas $B_{i,1}$ y $B_{i,2}$ entre sí, el segmento $20_{i,j-1/j}$ conecta las bahías informáticas $B_{i,j-1}$ y $B_{i,j}$ entre sí, el segmento $20_{i,j+1}$ conecta las bahías informáticas $B_{i,j}$ y $B_{i,j+1}$ entre sí, ... el segmento $20_{i,J_i-1/J_i}$ conecta las bahías informáticas B_{i,J_i-1} y B_{i,J_i} entre sí, el segmento $20_{1,1/2}$ conecta las bahías informáticas $B_{1,1}$ y $B_{1,2}$ entre sí, ... y el segmento $20_{1,J_1-1/J_1}$ conecta las bahías informáticas B_{1,J_1-1} y B_{1,J_1} entre sí. Según esta segunda dirección de conexión, los segmentos de transmisión $20_{1,1/2}, \dots, 20_{1,J_1-1/J_1}, \dots, 20_{i,1/2}, 20_{i,J_i-1/J_i}, 20_{1,1/2}, 20_{1,J_1-1/J_1}$ constan, por ejemplo, de cables de aproximadamente 1 metro cada uno.

La estructura del grupo de servidores 12, tal como se describió anteriormente con referencia a la figura 1, es apropiado para la implementación de la invención, pero otras posibles configuraciones de grupos, en particular, de tipo calculadora HPC, comprendiendo todo o parte de los elementos mencionados anteriormente, incluso comprendiendo otros elementos en caso de mayor complejidad e interconectados de manera diferente, también son adecuados. En particular, el grupo de servidores 12 puede constar de bahías informáticas (de almacenamiento, temporalmente no operativas, ...) que no están conectadas a la red de interconexión geográfica, aunque puede ser conveniente ubicarlas geográficamente.

La figura 2 ilustra en detalle la estructura general de cualquiera de las bahías informáticas de la figura 1, anotada $B_{i,j}$.

Esta bahía informática $B_{i,j}$ consta de un módulo $RMM_{i,j}$ de gestión de bahía. También consta de una pluralidad de cuadros $C_{i,j,1}, C_{i,j,k}, \dots, C_{i,j,K}$ superpuestos. Cada cuadro consta de su propio módulo $CMM_{i,j,1}, CMM_{i,j,k}, \dots, CMM_{i,j,K}$ de gestión de cuadro y una pluralidad de calculadoras. Para simplificar las anotaciones, es considerado, en el ejemplo de la figura 2, que todos los cuadros de la bahía informática $B_{i,j}$ constan de un mismo número L de calculadoras, pero en realidad, este número puede ser bastante diferente de un cuadro al otro y de una bahía a la otra. De este modo, de acuerdo a lo que se ha ilustrado, el cuadro $C_{i,j,1}$ consta de L calculadoras $N_{i,j,1,1}, \dots, N_{i,j,1,1}, \dots, N_{i,j,1,L}$, el cuadro $C_{i,j,k}$ consta de L calculadoras $N_{i,j,k,1}, \dots, N_{i,j,k,l}, \dots, N_{i,j,k,L}$ y el cuadro $C_{i,j,K}$ consta de L calculadoras $N_{i,j,K,1}, \dots, N_{i,j,K,l}, \dots, N_{i,j,K,L}$.

El módulo $RMM_{i,j}$ de gestión de bahía consta de un circuito lógico programable 21 que permite el intercambio de datos entre la bahía informática $B_{i,j}$ y otras bahías del grupo de servidores 12 por la red de interconexión geográfica. Este circuito lógico 21 consta funcionalmente de manera general de cuatro puertos 22, 23, 24 y 25 de intercambio bidireccional de datos.

El primer puerto 22 está diseñado para conectar el módulo de gestión $RMM_{i,j}$ de la bahía $B_{i,j}$ al módulo de gestión de otra bahía del grupo de servidores que se considera como situada aguas arriba de la bahía $B_{i,j}$ en el sentido de distribuir una información en el grupo de servidores a partir de un origen geográfico predeterminado. Según la instalación ilustrada en la figura 1 y seleccionando arbitrariamente la bahía informática B_{11} como origen geográfico, la bahía situada aguas arriba de la bahía informática $B_{i,j}$ es $B_{i-1,1}$ si $j = 1$ (es decir, al principio de la fila) y $B_{i,j-1}$ si $j > 1$. Por consiguiente, el primer puerto 22 está diseñado para conectar el módulo de gestión $RMM_{i,j}$ de la bahía $B_{i,j}$ al módulo de gestión $RMM_{i-1,1}$ de la bahía $B_{i-1,1}$ si $j = 1$ y al módulo de gestión $RMM_{i,j-1}$ de la bahía $B_{i,j-1}$ si $j > 1$.

El segundo puerto 23 está diseñado para conectar el módulo de gestión $RMM_{i,j}$ de la bahía $B_{i,j}$ al módulo de gestión de otra bahía del grupo de servidores que se considera como situada aguas abajo de la bahía $B_{i,j}$ en el sentido de distribuir una información en el grupo de servidores a partir del origen geográfico y situado en la misma fila Ri. Si existe tal bahía, y de acuerdo con el sentido de difusión seleccionado, el segundo puerto 23 conecta el módulo de gestión $RMM_{i,j}$ de la bahía $B_{i,j}$ al módulo de gestión $RMM_{i,j+1}$ de la bahía $B_{i,j+1}$.

El tercer puerto 24 es útil para las primeras bahías $B_{i,1}$ de cada fila Ri, para todo $i < I$. Está diseñado para conectar el módulo de gestión $RMM_{i,1}$ de la bahía $B_{i,1}$ al módulo de gestión $RMM_{i+1,1}$ de la bahía $B_{i+1,1}$, también considerado que está situado aguas abajo de la bahía $B_{i,1}$ en la dirección de difusión del ejemplo de la figura 1.

Por último, el cuarto puerto 25 permite, en un tercer nivel de la red de interconexión geográfica, conectar el módulo de gestión de $RMM_{i,j}$ de la bahía $B_{i,j}$ a los cuadros $C_{i,j,1}, \dots, C_{i,j,k}, \dots, C_{i,j,K}$ de esta misma bahía.

En este tercer nivel ilustrado en la figura 2 correspondiente a la tercera dirección, y a modo de ejemplo no limitativo, la red de interconexión geográfica consta de una pluralidad de segmentos de transmisión $30_{0/1}, 30_{1/2}, \dots, 30_{K-1/K}, \dots, 30_{K/K+1}, \dots, 30_{K-1/K}$ para una interconexión de los cuadros $C_{i,j,1}, \dots, C_{i,j,k}, \dots, C_{i,j,K}$ entre sí dos a dos y su acoplamiento al módulo de gestión $RMM_{i,j}$; más precisamente, el segmento $30_{0/1}$ conecta el módulo de gestión $RMM_{i,j}$ de la bahía $B_{i,j}$ al módulo de gestión $CMM_{i,j,1}$ del cuadro $C_{i,j,1}$, el segmento $30_{1/2}$ conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,1}$ del cuadro $C_{i,j,1}$ al módulo de gestión $CMM_{i,j,2}$ del cuadro $C_{i,j,2}$, ... el segmento $30_{K-1/K}$ conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,k-1}$ del cuadro

- $C_{i,j,k-1}$ al módulo de gestión $CMM_{i,j,k}$ del cuadro $C_{i,j,k}$, el segmento $30_{k/k+1}$ conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,k}$ del cuadro $C_{i,j,k}$ al módulo de gestión $CMM_{i,j,k+1}$ del cuadro $C_{i,j,k+1}$, ... y el segmento $30_{K-1/K}$ conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,K-1}$ del cuadro $C_{i,j,K-1}$ al módulo de gestión $CMM_{i,j,K}$ del cuadro $C_{i,j,K}$. Específicamente, el módulo de gestión $CMM_{i,j,k}$ de cada cuadro $C_{i,j,k}$ consta de un circuito lógico programable 31_k que consta funcionalmente de un primer puerto 32_k de intercambio de datos bidireccional conectado al segmento de transmisión $30_{k-1/k}$ y un segundo puerto 33_k de intercambio de datos bidireccional conectado (excepto para $CMM_{i,j,k}$) al segmento de transmisión $30_{k/k+1}$. Según esta tercera dirección de conexión, los segmentos de transmisión $30_{0/1}$, $30_{1/2}$, ..., $30_{k-1/k}$, $30_{k/k+1}$, ..., $30_{K-1/K}$ constan, por ejemplo, de cables de aproximadamente 50 centímetros cada uno.
- 10 En un cuarto nivel ilustrado en la figura 2 correspondiente a la cuarta dirección, y a modo de ejemplo no limitativo, la red de interconexión geográfica consta de una pluralidad de segmentos de transmisión 40_1 40_k 40_K para una interconexión de las calculadoras de cada cuadro entre sí y su acoplamiento al módulo de gestión $CMM_{i,j,k}$ de cuadro en cuestión: más precisamente, el segmento 40_1 es, por ejemplo, un bus multipunto de fondo de cesto informático que conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,1}$ del cuadro $C_{i,j,1}$ a todas las calculadoras $N_{i,j,11}$ $N_{i,j,1l}$, ... $N_{i,j,1,L}$, ... el segmento 40_k
- 15 es, por ejemplo, un bus multipunto de fondo de cesto informático que conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,k}$ del cuadro $C_{i,j,k}$ a todas las calculadoras $N_{i,j,k,1}$, ..., $N_{i,j,k,l}$, ..., $N_{i,j,k,L}$, ... y el segmento 40_K es, por ejemplo, un bus multipunto de fondo de cesto informático que conecta el módulo de gestión $CMM_{i,j,K}$ del cuadro $C_{i,j,K}$ a todas las calculadoras $N_{i,j,K,1}$ $N_{i,j,K,l}$, ... $N_{i,j,K,L}$. Como variante, los buses multipunto 40_1 , 40_k , 40_K podrían ser reemplazados por una sucesión de cables.
- 20 La estructura de la bahía informática $B_{i,j}$, tal como se describió anteriormente con referencia a la figura 2, es apropiado para la implementación de la invención, pero otras configuraciones posibles de bahías que comprenden todo o parte de los elementos mencionados anteriormente, incluso comprendiendo otros elementos en caso de mayor complejidad e interconectados de manera diferente, también son adecuados.
- 25 Se señala que, de acuerdo con la estructura geográfica propuesta con referencia a las figuras 1 y 2 según cuatro direcciones de conexiones predeterminadas, cada nodo $N_{i,j,k,l}$ del grupo de servidores 12 se puede localizar espacialmente fácilmente mediante un sistema de coordenadas (i, j, k, l) directamente relacionado con la organización de los segmentos de transmisión según estas direcciones, i, j y k que indican el número de segmentos del primero, segundo y tercer niveles (i.e. primera, segunda y tercera direcciones) que separan este nodo de su origen geográfico predeterminado, l indicando la posición, en el cuarto nivel (es decir, en la cuarta dirección), del nodo en su cuadro $C_{i,j,k}$.
- 30 Esto es particularmente cierto en una visión deliberadamente simplificada del grupo de servidores 12 donde cada bahía informática es operativa, está equipada con medios de cálculo y donde todas las bahías informáticas están interconectadas por la red de interconexión geográfica.
- 35 De este modo, identificando la ruta seguida de los datos, durante un intercambio entre un nodo emisor de estos datos y al menos un nodo receptor, con ayuda del sistema de coordenadas (i, j, k, l) y proporcionando los datos al nodo receptor con información una relacionada con la ruta seguida en este sistema de coordenadas, se vuelve fácil de ubicar geográfica y automáticamente, al menos de manera relativa, el nodo emisor y/o el nodo receptor.
- 40 En realidad, un grupo de servidores también puede constar de bahías no conectadas a la red de interconexión geográfica y, por lo tanto, *a priori* difícil de ubicar geográficamente, incluso es probable que altere el sistema de coordenadas (i, j, k, l) directamente relacionado con la organización de los segmentos de transmisión anteriormente citadas. Por ejemplo, puede tratarse de bahías de almacenamiento que no constan de nodos de cálculo o bahías informáticas equipadas con medios de cálculo pero temporalmente no operativas porque, por ejemplo, se ponen en
- 45 mantenimiento extendido. Sin embargo, en realidad tienen una ubicación geográfica bien definida en el grupo de servidores 12. Para tener en cuenta este tipo de situaciones, los saltos se pueden proporcionar y predefinir localmente en el sistema de coordenadas (i, j, k, l) , por ejemplo, en los índices i y j . A título puramente ilustrativo: si un segmento de primer nivel cortocircuita tal bahía no conectada a la red de interconexión geográfica, cuenta dos veces para la coordenada i y si un segmento de segundo nivel cortocircuita tal bahía no conectada a la red de interconexión
- 50 geográfica, cuenta doble para la coordenada j . De este modo, el sistema de coordenadas (i, j, k, l) aunque directamente relacionado con la organización de los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica, permanece coherente con la realidad geográfica del grupo de servidores 12.
- Un procedimiento de intercambio de datos entre nodos del grupo de servidores 12 que incluye una identificación de la
- 55 ruta seguida se presentará, por lo tanto, ahora en su principio general con referencia a la figura 3. Para su implementación y según diferentes modos posibles modos de realización, los circuitos lógicos programables 21 , 31_1 , ..., 31_k , ..., 31_K de cada bahía informática $B_{i,j}$ están provistos de medios para incrementar o disminuir los contadores definidos basándose en el sistema de coordenadas (i, j, k, l) . Estos medios de incremento o disminución se implementan, por ejemplo, en forma de software o hardware para actualizar los valores de coordenadas en este
- 60 sistema de coordenadas (i, j, k, l) en función del puerto de intercambio de datos bidireccional a través del cual los datos llegan o salen del circuito lógico programable relevante y en función de una regla de incremento o disminución que puede ser general o específica para cada circuito lógico programable. De manera más precisa, la regla de incremento o disminución puede ser general y fijarse en un incremento o disminución de una unidad en el caso simplificado del grupo de servidores 12 ilustrado en las figuras 1 y 2 donde cada bahía informática es operativa, está equipada con
- 65 medios de cálculo y donde todas las bahías informáticas están interconectadas por la red de interconexión geográfica. Para adaptarse a la realidad de un grupo de servidores en donde algunas bahías no están conectadas a la red de

interconexión geográfica, unas reglas específicas (incremento o disminución de al menos 2 unidades en una o varias direcciones dadas, ...) se puede proporcionar en ciertos circuitos lógicos programables adyacentes a tales bahías no conectadas.

5 De acuerdo con una primera etapa 100 del procedimiento de intercambio de datos de la figura 3, una trama de datos que consta de datos destinados a al menos otro nodo, denominado nodo receptor N_r , se genera por un nodo emisor N_e . Esta trama consta de, además de dichos datos, cuatro contadores que permitirán identificar la ruta que seguirá la trama para su enrutamiento al nodo receptor N_r . De manera más precisa, un primer contador C_i está destinado a ser actualizado, incrementando o disminuyendo según la aplicación prevista y el modo de realización seleccionado, en función del número de segmentos de transmisión de primer nivel atravesados entre el nodo emisor N_e y el nodo receptor N_r . Un segundo contador C_j está destinado a ser actualizado, incrementando o disminuyendo según la aplicación prevista y el modo de realización seleccionado, en función del número de segmentos de transmisión de segundo nivel atravesados entre el nodo emisor N_e y el nodo receptor N_r . Un tercer contador C_k está destinado a ser actualizado, incrementando o disminuyendo según la aplicación prevista y el modo de realización seleccionado, en función del número de segmentos de transmisión de tercer nivel atravesados entre el nodo emisor N_e y el nodo receptor N_r . Por último, un cuarto contador C_l está destinado a ser actualizado, incrementando o disminuyendo según la aplicación prevista y el modo de realización seleccionado, en función del número de segmentos de transmisión de cuarto nivel atravesados entre el nodo emisor N_e y el nodo receptor N_r . Por supuesto, como se indica anteriormente, la regla de incremento o disminución aplicada a cada recorrido de segmento de primer, segundo, tercer o cuarto nivel se puede adaptar localmente, en función de la realidad topológica del grupo de servidores, que puede incluir elementos no conectados a la red de interconexión geográfica.

En el transcurso de una etapa 102 de inicialización, los contadores C_i , C_j , C_k y C_l se inicializan a los valores $C_i(e)$, $C_j(e)$, $C_k(e)$ y $C_l(e)$ que se definen en función de la aplicación prevista y del modo de realización seleccionado.

A continuación, en el transcurso de una etapa 104, la trama de datos es emitida por el nodo emisor N_e .

La siguiente etapa 106 consta de la transmisión de la trama de datos en la red de interconexión geográfica. En el transcurso de esta misma etapa, según el modo de realización elegido y la aplicación, siempre que un circuito lógico programable $21, 31_1, \dots, 31_k, \dots, 31_K$ recibe o emite esta trama, incrementa o disminuye el valor de uno de los contadores C_i , C_j , C_k y C_l en función del puerto por el cual lo emite o lo recibe y en función de la regla de incremento o disminución que puede ser general o que puede ser específica para él.

A continuación, en el transcurso de una etapa 108, la trama de datos es recibida por el nodo receptor N_r .

Por último, en una última etapa 110, el nodo receptor extrae de la trama de datos los valores de los contadores a la llegada, notados $C_i(r)$, $C_j(r)$, $C_k(r)$ y $C_l(r)$.

En el procedimiento de intercambio de datos detallado anteriormente, las coordenadas del emisor y del receptor se han expresado de forma general en el sistema de coordenadas completo (i, j, k, l) . Esto significa que se supone a priori que cualquier nodo de cálculo del grupo de servidores 12 puede ser emisor o receptor. Pero el emisor o el receptor también puede ser el circuito lógico programable de un módulo de gestión de bahía o de cuadro, en cuyo caso sus coordenadas se pueden expresar de manera más simple de forma restringida en el sistema de coordenadas incompleto (i, j, k) .

Ahora se detallarán las diferentes aplicaciones del procedimiento de intercambio de datos descrito anteriormente, según diferentes modos de realización posibles.

Una primera aplicación consiste en emitir una solicitud particular, desde un primer nodo emisor, por ejemplo, un servidor de administración, hacia un único segundo nodo receptor, por ejemplo, un nodo de cálculo. Esta solicitud puede ser, en particular, una solicitud de dirección MAC emitida por un nodo administrador de las direcciones MAC, para vincular una dirección geográfica dada y la dirección MAC del nodo situado en esta dirección geográfica. Este modo de transmisión de un emisor hacia un único receptor generalmente se conoce como modo de unidifusión. Una ventaja de este modo de transmisión es que, al recibir la solicitud, el receptor generalmente devuelve un mensaje de respuesta o confirmación al emisor, a diferencia del modo de difusión (difusión de una solicitud desde un emisor hacia todos los demás nodos de la red) que generalmente no proporciona un retorno.

Según esta primera aplicación y según un posible modo de realización, suponiendo que la dirección geográfica del nodo emisor es (i_e, j_e, k_e, l_e) y que la del nodo receptor es (i_r, j_r, k_r, l_r) , los contadores C_i , C_j , C_k y C_l pueden inicializarse a la dirección de emisión, o $C_i(e) = i_e$, $C_j(e) = j_e$, $C_k(e) = k_e$ y $C_l(e) = l_e$, y los circuitos lógicos programables $21, 31_1, \dots, 31_k, \dots, 31_K$ de cada bahía informática $B_{i,j}$ puede estar provista de medios para incrementar y/o disminuir los contadores de acuerdo con el puerto de intercambio de datos bidireccional a través del cual sale la solicitud en el circuito lógico programable correspondiente.

De manera más precisa, en el circuito programable 21 del módulo $RMM_{i,j}$ de gestión de la bahía $B_{i,j}$:

- cuando la solicitud sale por el segundo puerto 23: C_j se incrementa en una unidad,
- cuando la solicitud sale por el tercer puerto 24 (para todas las bahías $B_{i,1}$): L_f se incrementa en una unidad,
- cuando la solicitud sale por el cuarto puerto 25 (para todas las bahías $B_{i,1}$): C_k se incrementa en una unidad, y
- cuando la solicitud sale por el primer puerto 22 (que representa el sentido contrario de difusión de aguas arriba a aguas abajo definida previamente): si $j=1$, C_i disminuye en una unidad, si $j>1$, C_j se disminuye en una unidad.

Más precisamente también, en el circuito programable 31_k del módulo $CMM_{i,j,k}$ de gestión del cuadro $C_{i,j,k}$:

- cuando la solicitud sale por el segundo puerto 33_k : C_k se incrementa en una unidad, y
- cuando la solicitud sale por el primer puerto 32_k (que representa el sentido contrario de difusión de aguas arriba a aguas abajo definida previamente): C_k disminuye en una unidad.

Cabe señalar que la regla de incremento y/o disminución elegida anteriormente es incrementar los contadores en al menos una unidad (una unidad por defecto y más de una unidad localmente cuando las bahías no están conectadas a la red de interconexión geográfica en el grupo de servidores 12) de aguas arriba a aguas abajo en el sentido de difusión definido anteriormente. Esta selección es arbitraria y es fácil hacer otra adaptando el modo de realización.

Según este modo de realización también, la solicitud consta de un campo en donde se indica la dirección geográfica (i_f, j_f, k_f, l_f) del nodo receptor.

De este modo, como se ilustra en la figura 4 y según el modo de realización mencionado anteriormente, un procedimiento para intercambiar datos según la invención para enviar una solicitud desde un nodo emisor N_{i_e, j_e, k_e, l_e} hacia un solo nodo receptor N_{i_f, j_f, k_f, l_f} del grupo de servidores 12 consta de las siguientes etapas.

En el transcurso de una primera etapa 200 de inicialización, los contadores C_i, C_j, C_k y C_l se inicializan en $C_i(e) = i_e, C_j(e) = j_e, C_k(e) = k_e$ y $C_l(e) = l_e$.

En el transcurso de una etapa 202, una solicitud se genera por el nodo emisor N_{i_e, j_e, k_e, l_e} cuya dirección geográfica es (i_e, j_e, k_e, l_e). Esta solicitud consta de, por ejemplo, un encabezado que lo identifica específicamente como una solicitud de un solo receptor en modo de unidifusión y también incluye los contadores C_i, C_j, C_k y C_l en sus valores iniciales. Como se indica anteriormente, también consta de un campo que retoma la dirección geográfica (i_f, j_f, k_f, l_f) del nodo receptor.

La siguiente etapa 204 lanza, a partir del nodo emisor, la transmisión esta solicitud hacia el nodo receptor a través de la red de interconexión geográfica. De acuerdo con las reglas de incremento y/o disminución anteriormente mencionadas para esta primera aplicación y a partir del nodo N_{i_e, j_e, k_e, l_e} , la solicitud se dirige, por ejemplo, en la red de interconexión geográfica para aproximar siempre los valores de los contadores C_i, C_j, C_k y C_l de la dirección geográfica objetivo (i_f, j_f, k_f, l_f) indicada en la solicitud.

En el transcurso de una etapa 206, el nodo receptor N_{i_f, j_f, k_f, l_f} si recibe la solicitud, se reconoce a sí mismo como el destinatario de esta solicitud cuando todos los contadores C_i, C_j, C_k y C_l tienen valores iguales a los de la dirección geográfica objetivo (i_f, j_f, k_f, l_f) indicada en la solicitud.

En el transcurso de una etapa 208 siguiente, el nodo receptor analiza el contenido de la solicitud de la que es el destinatario. En el transcurso de esta etapa también, de acuerdo con el modo unidifusión, prepara un mensaje que consta de una respuesta a esta solicitud: por ejemplo, una respuesta que incluya su dirección MAC si la solicitud se relaciona con este punto. Si la respuesta está destinada al nodo emisor de la solicitud, los contadores C_i, C_j, C_k y C_l se inicializan en $C_i(f) = i_f, C_j(f) = j_f, C_k(f) = k_f$ y $C_l(f) = l_f$ y la respuesta se transmite, con un campo que contiene la nueva dirección geográfica objetivo (i_e, j_e, k_e, l_e), hacia el nodo emisor a través de la red de interconexión geográfica según el mismo principio de incremento y/o disminución que para la solicitud.

Por último, en una última etapa 210, el nodo emisor N_{i_e, j_e, k_e, l_e} recibe la respuesta. Se reconoce como el destinatario de esta respuesta porque todos los contadores C_i, C_j, C_k y C_l son valores iguales a los de la dirección geográfica objetivo (i_f, j_f, k_f, l_f) indicada en la respuesta.

Se observará que, según esta primera aplicación y según otro posible modo de realización, los contadores C_i, C_j, C_k y C_l podrían inicializarse a la diferencia entre la dirección de destino y la dirección de transmisión, o bien $C_i(e) = i_f - i_e, C_j(e) = j_f - j_e, C_k(e) = k_f - k_e$ y $C_l(e) = l_f - l_e$, y los circuitos lógicos programables $21, 31_1, \dots, 31_k, \dots, 31_k$ de cada bahía informática $B_{i,j}$ podría proporcionarse con los siguientes medios de incremento y/o disminución:

- en el circuito programable 21 del módulo $RMM_{i,j}$ de gestión de la bahía B_j :
 - cuando la solicitud sale por el segundo puerto 23: C_j disminuye en una unidad,
 - cuando la solicitud sale por el tercer puerto 24 (para todas las bahías $B_{i,1}$): C_i disminuye en una unidad,
 - cuando la solicitud sale por el cuarto puerto 25 (para todas las bahías $B_{i,1}$): C_k disminuye en una unidad, y
 - cuando la solicitud sale por el primer puerto 22: si $j=1$, L_f se incrementa en una unidad, si $j>1$, C_j se incrementa

en una unidad.

- en el circuito programable 31_k del módulo $CMM_{i,j,k}$ de gestión del cuadro $C_{i,j,k}$:

- 5 • cuando la solicitud sale por el segundo puerto 33_k : C_k disminuye en una unidad, y
- cuando la solicitud sale por el primer puerto 32_k : C_k se incrementa en una unidad.

10 Cabe señalar también que las direcciones MAC de los nodos del grupo de servidores se pueden recopilar a partir de un nodo recopilador, por ejemplo, un origen geográfico predeterminado, según un protocolo conforme al modo de transmisión unidifusión indicado en esta primera aplicación. En ese caso, un programa específico debe explorar el conjunto de los nodos del grupo de servidores, por ejemplo, según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 5, para transmitir sucesivamente la misma solicitud a todos los nodos. La combinación de esta exploración del conjunto de los nodos con transmisiones sucesivas en modo unidifusión se describirá como transmisión en modo "multi-unicast". Este modo multi-unicast se presenta, por lo tanto, como una alternativa al modo de difusión, pero teniendo una ventaja adicional: la de permitir que el origen geográfico espere una respuesta a cada solicitud emitida hacia cualquiera de los nodos del conjunto explorado.

20 De acuerdo con una primera etapa 300 resultante de una ejecución de este programa de exploración, la dirección geográfica del nodo receptor de una solicitud se inicializa, por ejemplo, arbitrariamente en $i=1$, $j=1$, $k=1$ y $l=1$, es decir, la dirección de la primera calculadora ($l=1$) del primer cuadro ($k=1$) de la primera bahía ($j=1$) de la primera fila $R1$ ($i=1$), referenciado $N_{1,1,1,1}$. Un origen geográfico también se elige arbitrariamente. De una manera práctica, tal origen geográfico es, por ejemplo, el circuito lógico programable de un módulo de gestión de bahía o de cuadro, en cuyo caso sus coordenadas se pueden expresar de manera más simple de forma restringida en el sistema de coordenadas incompleto (i, j, k) . Preferentemente, se trata incluso del circuito lógico programable del módulo $RMM_{1,1}$ de la primera bahía de la primera fila o el módulo $CMM_{1,1,1}$ de gestión del primer cuadro de la primera bahía de la primera fila, cuyas coordenadas se pueden expresar de forma restringida en la forma $(1, 1, 1)$. El origen geográfico puede entonces ser referenciado $N_{1,1,1}$.

30 En el transcurso de una etapa siguiente 302, el conjunto de las etapas 200 a 210 es ejecutado por el origen geográfico $N_{1,1,1}$ basándose en una inicialización de los contadores en $C_i(e) = 1$, $C_j(e) = 1$, $C_k(e) = 1$ y $C_l(e) = 1$, para emitir en unidifusión una solicitud y esperar una respuesta. La solicitud tiene un campo que indica la dirección geográfica objetivo (i, j, k, l) .

35 A continuación, se realiza una prueba 304 al recibir una respuesta a la solicitud emitida. Si la respuesta incluye una respuesta válida (por ejemplo, la dirección MAC) del nodo receptor de la dirección (i, j, k, l) , esta última se registra por origen geográfico. Luego se pasa a una etapa 306 durante la cual el índice l se incrementa en una unidad y luego nuevamente a la etapa 302. Si, al contrario, la respuesta es un mensaje de error (es decir, la dirección geográfica no es accesible), se pasa a una nueva etapa 308 de prueba.

40 En el transcurso de la etapa 308, se prueba el valor del índice l . Si es estrictamente superior a 1, luego se pasa a una etapa 310 durante la cual, el índice l se restablece en 1 y el índice k se incrementa en una unidad, luego se vuelve de nuevo a la etapa 302. Si, al contrario, el índice l vale 1, se pasa a una nueva etapa 312 de prueba.

45 En el transcurso de la etapa 312, se prueba el valor del índice k . Si éste es estrictamente superior a 1, luego se pasa a una etapa 314 durante la cual, el índice k se restablece en 1 y el índice j se incrementa en una unidad, luego se vuelve de nuevo a la etapa 302. Si, al contrario, el índice k vale 1, se pasa a una nueva etapa 316 de prueba.

50 En el transcurso de la etapa 316, se prueba el valor del índice j . Si éste es estrictamente superior a 1, luego se pasa a una etapa 318 durante la cual, el índice j se restablece en 1 y el índice k se incrementa en una unidad, luego se vuelve de nuevo a la etapa 302. Si, al contrario, el índice j vale 1, se pasa a una última etapa 320 de final de exploración.

55 De este modo, se exploran todos los nodos accesibles por la red de interconexión geográfica desde el origen geográfico. En esta aplicación de recopilación de direcciones MAC, por lo tanto, se elabora una lista de las relaciones entre direcciones geográficas y direcciones de hardware MAC. Como, además, la topología de la red de interconexión geográfica es conocida de antemano ya que corresponde a la instalación física del grupo de servidores 12, otra lista de conexiones entre direcciones geográficas y direcciones lógicas IP puede establecerse previamente. Al cruzar estas dos listas, es posible asociar automáticamente cada dirección lógica IP con una dirección MAC. De este modo, el grupo de servidores, que generalmente incluye un servidor DHCP de gestión de las direcciones IP, esta asociación de las direcciones MAC e IP se puede transmitir al servidor DHCP.

60 Con la ayuda de estas dos listas, si el nodo seleccionado como origen geográfico está configurado correctamente para ser accesible de forma remota a través de la red de administración Ethernet, todas las etapas descritas anteriormente se pueden ejecutar de forma remota. Además, en el ámbito de una administración más general de módulos de control a través de la red Ethernet, estos módulos de control que pertenecen a los nodos del grupo de servidores 12, uno de estos módulos solicitados con ayuda de su dirección IP puede ubicarse fácilmente geográficamente a través de este sistema de direcciones geográficas.

Una variante de la primera aplicación es enviar una orden remota desde un nodo emisor hacia un nodo receptor, en particular, para emular un panel de control de este nodo receptor, pudiendo este nodo ser uno de los nodos $N_{i,j,k,l}$, uno de los módulos $CMM_{i,j,k}$ de gestión de cuadro o uno de los módulos $RMM_{i,j}$ de gestión de bahía informática del grupo de servidores 12. Por ejemplo, el circuito programable 31_k de uno cualquiera de los módulos de gestión de cuadro $CMM_{i,j,k}$ está conectado directamente al panel de control del cuadro $C_{i,j,k}$ para actuar sobre las funciones de control de este último que, generalmente, solo es accesible a través de la red de administración Ethernet o manualmente, con la intervención local de un operario, con ayuda de las órdenes por interruptor, botón cableado, puerto de comunicación en serie (generalmente llamado "puerto COM") u otros. Por ejemplo, puede tratarse de funciones de reinicio, de restauración de funcionamiento, de inicialización (tal como un restablecimiento de fábrica, un reinicio de software incorporado, o un restablecimiento de algunos parámetros a los valores de configuración predeterminados, ...), de mantenimiento y otro. Una vez recibido a través de la red de interconexión geográfica y según el método antes mencionado de dicha orden por el circuito programable 31_k , éste transfiere la orden a los receptores apropiados del panel de control del cuadro $C_{i,j,k}$ para ejecutar la función de reinicio, restauración de funcionamiento, inicialización, mantenimiento u otro identificado en la orden.

En particular, para emular el puerto COM, tan pronto como se abre una conexión a ella, la orden remota se envía en modo unidifusión de forma regular. Esta orden contiene datos de entrada hacia el módulo relevante. Si no hay datos para transmitir, se puede emitir una trama vacía. En respuesta a la orden, los datos de salida del módulo relevante pueden a su vez ser reenviados.

Asimismo, otra variante de la primera aplicación es enviar una señal de control remota desde un nodo emisor hacia un nodo receptor, en particular, para emular un panel de control de este nodo emisor, pudiendo este nodo ser uno de los nodos $N_{i,j,k,l}$, uno de los módulos $CMM_{i,j,k}$ de gestión de cuadro o uno de los módulos $RMM_{i,j}$ de gestión de bahía informática del grupo de servidores 12. Por ejemplo, el circuito programable 31_k de uno cualquiera de los módulos de gestión de cuadro $CMM_{i,j,k}$ está conectado directamente al panel de orden del cuadro $C_{i,j,k}$ para actuar sobre las funciones de control de este último que, generalmente, solo es accesible a través de la red de administración Ethernet o localmente con ayuda de diodos u otros, con la intervención local de un operario. Por ejemplo, puede tratarse de funciones de señalización, de alarma y otro. Tras la detección por el panel de configuración del cuadro $C_{i,j,k}$ de cualquier evento que justifique la emisión de una señal de control, esto se transmite al circuito programable 31_k , que transfiere la información al nodo receptor (por ejemplo, un servidor de administración) a través de la red de interconexión geográfica según el método descrito anteriormente.

Se observará que, de forma general, la primera aplicación y sus variantes detalladas anteriormente, se refiere a la transmisión en modo unidifusión de mensajes desde un emisor hacia un único receptor o posiblemente la transmisión en modo multi-unicast. Esta es, en particular, la razón por la que se selecciona para inicializar los contadores en la dirección de emisión, para insertar la dirección de recepción en un campo provisto para este propósito en el mensaje emitido y continuar con los incrementos/disminuciones como se indica en esta primera aplicación.

Una segunda aplicación consiste en atribuir automáticamente, a cada nodo del grupo de servidores 12, una dirección geográfica directamente correlacionada con la configuración espacial de la red de interconexión geográfica mediante la transmisión a todos estos nodos de una solicitud para la atribución de direcciones geográficas a partir de un nodo seleccionado como origen geográfico, por ejemplo, el nodo $N_{1,1,1}$.

Según esta segunda aplicación y según un posible modo de realización, la solicitud de asignación de direcciones geográficas se transmite en modo de multi-unicast, de acuerdo con el ejemplo que se dio anteriormente para la recopilación de las direcciones MAC. Las etapas 300 a 320 se realizan, por lo tanto, en tiempo real, incluyendo una ejecución de las etapas 200 a 210 en cada iteración de la etapa 302, basándose en una inicialización de los contadores C_i , C_j y C_k en la dirección de origen del nodo seleccionado como el origen geográfico emisor de la solicitud, y del contador C_l , si se usa, en 1, por ejemplo. Los circuitos lógicos programables 21 , $31_1, \dots, 31_k$ 31_k de cada bahía informática $B_{i,j}$ además, se proveen de medios para incrementar y/o disminuir los contadores de acuerdo con el puerto de intercambio de datos bidireccional a través del cual se emite la solicitud en el circuito lógico programable correspondiente. Las reglas de incremento y/o disminución son las mismas que las descritas para la primera aplicación.

Esta segunda aplicación difiere de la recopilación de direcciones MAC principalmente por que, durante la etapa 202, la solicitud generada por el origen geográfico $N_{1,1,1}$ consta de un encabezado que lo identifica específicamente como una solicitud de atribución de direcciones geográficas.

Por último, según esta segunda aplicación también, la solicitud transmitida consta de un campo en donde se indica la dirección geográfica del nodo receptor, esta dirección varía con cada iteración del procedimiento de recolección, implementando las etapas 300 a 320.

Cuando durante una iteración cualquiera de la etapa 206, uno cualquiera de los nodos $N_{i,j,k,l}$ correspondientes recibe la solicitud de atribución de direcciones geográficas y se reconoce a sí mismo como un destinatario (es decir, los contadores tienen valores iguales a los de la dirección geográfica objetivo indicada en la solicitud), extrae los valores de los contadores C_i , C_j , C_k y C_l o la dirección geográfica objetivo (que es la misma) de esta solicitud. De manera más precisa, para el nodo $N_{i,j,k,l}$, $C_i=i$, $C_j=j$, $C_k=k$ e $C_l=l$. La dirección geográfica (i, j, k, l) se atribuye entonces al nodo $N_{i,j,k,l}$.

que lo registra, por ejemplo, en una memoria local. Por otra parte, de acuerdo con las etapas 208 y 210 descritos anteriormente, devuelve un acuse de recibo o respuesta de validación al origen geográfico. De este modo, se atribuye una dirección geográfica a cada nodo accesible del grupo de servidores 12.

5 Una tercera aplicación, suponiendo que la segunda aplicación se ha ejecutado para la atribución de una dirección geográfica a cada nodo, consiste en verificar la integridad de la red de interconexión geográfica y las direcciones geográficas atribuidas transmitiendo una solicitud de verificación a partir de un nodo de administrador seleccionado para realizar esta verificación. Este nodo administrador puede ser el nodo $N_{1,1,1}$ seleccionado como el origen geográfico de la segunda aplicación.

10 Según esta tercera aplicación y según un posible modo de realización, la solicitud de verificación se transmite en modo multi-unicast, de acuerdo con los ejemplos dados anteriormente para la recopilación de direcciones MAC y para la atribución de direcciones geográficas. Las etapas 300 a 320 se realizan, por lo tanto, en tiempo real, incluyendo una ejecución de las etapas 200 a 210 en cada iteración de la etapa 302, basándose en una inicialización de los contadores C_i , C_j y C_k en la dirección de origen del nodo seleccionado como el origen geográfico emisor de la solicitud de verificación, y del contador CI , si se usa, en 1, por ejemplo. Los circuitos lógicos programables $21, 31_1, \dots, 31_k, \dots, 31_K$ de cada bahía informática $B_{i,j}$ además, se proveen de medios para incrementar y/o disminuir los contadores de acuerdo con el puerto de intercambio de datos bidireccional a través del cual se emite la solicitud en el circuito lógico programable correspondiente. Las reglas de incremento y/o disminución son las mismas que las descritas para las aplicaciones primera y segunda.

15 Esta tercera aplicación difiere de la segunda principalmente por que, durante la etapa 202, la solicitud generada por el origen geográfico $N_{1,1,1}$ consta de un encabezado que lo identifica específicamente como una solicitud de verificación.

25 Por último, según esta tercera aplicación también, la solicitud transmitida consta de un campo en donde se indica la dirección geográfica del nodo receptor, esta dirección varía con cada iteración del procedimiento de recolección, implementando las etapas 300 a 320.

30 Cuando durante una iteración cualquiera de la etapa 206, uno cualquiera de los nodos $N_{i,j,k,l}$ correspondientes recibe la solicitud de verificación de direcciones geográficas y se reconoce a sí mismo como un destinatario (es decir, los contadores tienen valores iguales a los de la dirección geográfica objetivo indicada en la solicitud), extrae los valores de los contadores C_i , C_j , C_k y CI o la dirección geográfica objetivo (que es la misma) de esta solicitud. Luego compara estos valores con su dirección geográfica (i, j, k, l) registrado localmente.

35 Por otra parte, de acuerdo con las etapas 208 y 210 descritos anteriormente, si los valores coinciden, reenvía un mensaje de validación que incluye su dirección geográfica al origen geográfico, de lo contrario, puede devolver un mensaje de error. De forma opcional, el mensaje de validación puede incluir la dirección MAC de este nodo para que se pueda establecer una relación entre la dirección MAC y la dirección geográfica.

40 En particular, durante las sucesivas iteraciones de las etapas 210, el origen geográfico recopila los mensajes devueltos por la red de interconexión geográfica después de la emisión de su solicitud de verificación. En función de las respuestas recibidas, resulta muy fácil determinar si las ramas (es decir, los segmentos de transmisión) de la red de interconexión geográfica funcionan mal o si existen inconsistencias en el registro de direcciones geográficas: en particular, un mal funcionamiento de la red de interconexión geográfica da como resultado la ausencia de respuesta del nodo aguas abajo del cual un segmento de transmisión funciona mal y de todos los otros nodos ubicados aguas abajo de este nodo; se detecta una incoherencia por la recepción de un mensaje de indicación de mal funcionamiento desde la parte del nodo situado aguas arriba del segmento de transmisión relevante. Si los mensajes de validación recopilados incluyen las direcciones MAC de los nodos que los enviaron, también es posible asociar automáticamente cada dirección geográfica de cada nodo del grupo de servidores 12 con una dirección MAC y registrar esta asociación.

45 Se señalará que, de manera general, las aplicaciones segunda y tercera detalladas anteriormente, así como la recopilación específica de direcciones MAC, se refiere a la difusión de una solicitud desde un origen geográfico hacia el conjunto de los demás nodos del grupo de servidores 12. Esta es la razón por la que se selecciona, en particular, una transmisión de la solicitud en modo de multi-unicast. Como variante, podría ser seleccionado para transmitir esta solicitud en modo de difusión, pero esta variante es *a priori* menos ventajosa porque no proporciona como regla general devolver una respuesta al recibir una solicitud. Sin embargo, tal modo de transmisión de mensajes en modo de difusión puede contemplarse en ciertos casos, en particular, después de atribuir direcciones geográficas y verificar la integridad de la red de interconexión geográfica.

50 Una cuarta aplicación, calificada de aplicación de difusión, consiste, por lo tanto, generalmente en transmitir un mensaje en modo de difusión para todos los nodos del grupo de servidores desde un origen geográfico, por ejemplo, el nodo $N_{1,1,1}$. Según esta cuarta aplicación de difusión y según un posible modo de realización, los contadores C_i , C_j y C_k se inicializan en la dirección (1,1,1) del nodo seleccionado como el origen geográfico emisor del mensaje, el contador CI , si se usa, se inicializa, por ejemplo, en 1 y, los circuitos lógicos programables $21, 31_1, \dots, 31_k, 31_K$ de cada bahía informática $B_{i,j}$ además, se proveen de medios para incrementar y/o disminuir los contadores de acuerdo con el

puerto de intercambio de datos bidireccional a través del cual se emite la solicitud en el circuito lógico programable correspondiente.

De manera más precisa, en el circuito programable 21 del módulo $RMM_{i,j}$ de gestión de la bahía $B_{i,j}$:

- 5
- cuando la solicitud sale por el segundo puerto 23: C_j se incrementa en una unidad,
 - cuando la solicitud sale por el tercer puerto 24 (para todas las bahías $B_{i,1}$): L_f se incrementa en una unidad,
 - cuando la solicitud sale por el cuarto puerto 25 (para todas las bahías $B_{i,1}$): C_k se incrementa en una unidad, y
 - cuando la solicitud sale por el primer puerto 22 (que representa el sentido contrario de difusión de aguas arriba a
- 10 aguas abajo definida previamente): si $j=1$, C_i disminuye en una unidad, si $j>1$, C_j se disminuye en una unidad.

Más precisamente también, en el circuito programable 31 k del módulo $CMM_{i,j,k}$ de gestión del cuadro $C_{i,j,k}$:

- 15
- cuando la solicitud sale por el segundo puerto 33 k : C_k se incrementa en una unidad, y
 - cuando la solicitud sale por el primer puerto 32 k (que representa el sentido contrario de difusión de aguas arriba a aguas abajo definida previamente): C_k disminuye en una unidad.

20 Cabe señalar que la regla de incremento y/o disminución elegida anteriormente es incrementar los contadores en al menos una unidad (una unidad por defecto y más de una unidad localmente cuando las bahías no están conectadas a la red de interconexión geográfica en el grupo de servidores 12) de aguas arriba a aguas abajo en el sentido de difusión definido anteriormente. Esta selección es arbitraria y es fácil hacer otra adaptando el modo de realización.

25 De este modo, como se ilustra en la figura 6 y según el modo de realización mencionado anteriormente, un procedimiento de difusión de un mensaje a partir de un origen geográfico puede constar de las siguientes etapas.

En el transcurso de una primera etapa 400 de inicialización, un origen geográfico seleccionado entre los nodos del grupo de servidores 12. Este origen geográfico es, por ejemplo, el nodo $N_{1,1,1}$.

30 A continuación, durante una segunda etapa de inicialización 402, los contadores C_i , C_j , C_k y C_l se inicializan en $C_i(e) = C_j(e) = C_k(e) = C_l(e) = 1$.

En el transcurso de una etapa 404, un mensaje a difundir es generado por el origen geográfico $N_{1,1,1}$. Este mensaje incluye los contadores C_i , C_j , C_k y C_l en sus valores iniciales.

35 La siguiente etapa 406 lanza, a partir del origen geográfico $N_{1,1,1}$, la difusión de este mensaje a través del grupo de servidores 12 a través de la red de interconexión geográfica. De acuerdo con las reglas de incremento y/o disminución anteriormente mencionados y a partir del nodo $N_{1,1,1}$ seleccionado como origen, siempre que la solicitud se dirija a un segmento de transmisión de primer nivel en el sentido de difusión de aguas arriba a aguas abajo, su contador C_i se incrementa en una unidad (o más si una bahía no conectada a la red de interconexión geográfica está interpuesta en

40 la primera dirección), siempre que la solicitud se dirija a un segmento de transmisión de segundo nivel en el sentido de difusión de aguas arriba a aguas abajo, su contador C_j se incrementa en una unidad (o más si una bahía no conectada a la red de interconexión geográfica está interpuesta en la segunda dirección), siempre que la solicitud se dirija a un segmento de transmisión de tercer nivel en el sentido de difusión de aguas arriba a aguas abajo, su contador C_k se incrementa en una unidad y el contador C_l se incrementa en función de la situación de la solicitud en el cuadro

45 considerado.

En el transcurso de una etapa 408, uno cualquiera de los nodos $N_{i,j,k,l}$ recibe el mensaje. Esta etapa de recepción puede ir seguido de una acción 410 definida en función de la naturaleza del mensaje difundido.

50 Por otra parte, ya que, en los modos de realización previamente contemplados, las reglas de incremento/disminución son las mismas en los modos de unidifusión, multi-unicast y difusión, los mensajes emitidos según estos tres modos pueden presentar el mismo formato, la distinción entre modo de unidifusión o multi-unicast y el modo de difusión que se puede realizar simplemente en la dirección geográfica objetivo insertada en los mensajes: este último puede adoptar, en efecto, un valor predeterminado reconocido como inaccesible para identificar el modo de difusión (por

55 ejemplo, se puede imponer que los valores máximos para i , j , k e l sean reservados para el modo de difusión): de este modo, en la etapa de recepción 408, el mensaje es reconocido por uno cualquiera de los nodos receptores como transmitido en modo de difusión gracias al valor específico que adopta la dirección geográfica objetivo.

60 Es claro que un procedimiento de intercambio de datos tal como el descrito anteriormente según diferentes modos de realización y aplicaciones posibles multiplica las posibilidades de intercambio de datos, en particular, de datos de administración, de localización geográfica, de orden o de control, a través de la red de interconexión geográfica. Proporcionar a los datos información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados, este último es capaz, en particular, de proporcionar mantenimiento a la red de administración de Ethernet en caso de falla de este último. Recíprocamente, la red de administración de Ethernet también puede

65 garantizar el mantenimiento de la red de interconexión geográfica en caso de falla de este último. Luego podemos hablar de mantenimiento cooperativo entre estas dos redes: en otras palabras, así, hay dos redes de transmisión de

diferente naturaleza para la transmisión de datos de servicio, uno puede venir al rescate del otro en caso de problema. La probabilidad de que estas dos redes fallen al mismo tiempo es precisamente tan débil que tienen diferentes naturalezas.

- 5 Cabe señalar también que la invención no se limita a los modos de realización y aplicaciones descritas anteriormente. Será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones a los modos de realización descritos anteriormente, a la luz de la enseñanza que acaba de ser divulgada. En particular, en las siguientes reivindicaciones, los términos utilizados no deben interpretarse como limitantes de las reivindicaciones a los modos de realización expuestos en la presente descripción, pero debe interpretarse como incluyendo todos los equivalentes que las reivindicaciones pretenden cubrir en razón de su redacción y cuya predicción está al alcance de los expertos en la materia aplicando sus conocimientos generales a la implementación de la enseñanza que se le acaba de divulgar.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de intercambio de datos entre nodos de un grupo de servidores (12) que consta de una pluralidad de nodos ($N_{i,j,k,i}$) interconectados entre sí por una red de interconexión geográfica que consta de una pluralidad de segmentos de transmisión ($10_{i-1/i}$, $20_{i,j-1/j}$, $30_{k-1/k}$, 40_k) que conectan los nodos entre sí según un número limitado predeterminado de diferentes direcciones de conexiones asociadas respectivamente a varias coordenadas diferentes de un sistema de coordenadas de la red de interconexión geográfica, perteneciendo cada segmento de transmisión de la red de interconexión geográfica de este modo a una de las diferentes direcciones de conexión y, estando así el sistema de coordenadas definido de tal manera que cada coordenada del sistema de coordenadas está asociada a una de las diferentes direcciones de conexiones, constanding el procedimiento de:

- la emisión (104) por un nodo (N_e), denominado nodo emisor, de datos destinados a al menos otro nodo (N_r), denominado nodo receptor,
- la transmisión (106) de estos datos con ayuda de la red de interconexión geográfica,
- la recepción (108) de los datos por cada nodo receptor (N_r),
- el suministro de los datos a cada nodo receptor (N_r) con información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r) durante su transmisión,

caracterizado por que esta información se define con mayor precisión en el sistema de coordenadas de la red de interconexión geográfica con ayuda de varios contadores, a razón de un contador por dirección de conexión, estando cada contador incrementado o reducido tan pronto como un segmento de transmisión que une dos nodos en la dirección del enlace correspondiente a ese contador es atravesado por los datos durante su transmisión desde el nodo emisor hacia dicho al menos un nodo receptor.

2. Procedimiento de intercambio de datos según la reivindicación 1, en donde un valor de incremento o de disminución del contador está asociado a cada segmento de transmisión y se define en función de la presencia o no de al menos un nodo adicional del grupo de servidores (12) no conectado a la red de interconexión geográfica, sino dispuesto geográficamente entre los dos nodos interconectados por este segmento de transmisión.

3. Procedimiento de intercambio de datos según la reivindicación 1 o 2 para la atribución de una dirección geográfica a cada nodo, que consta de:

- la selección (300) de un origen geográfico ($N_{1,1,1}$) seleccionado entre los nodos ($N_{i,j,k,i}$) del grupo de servidores (12),
- la atribución (300) de una dirección de origen a este origen geográfico ($N_{1,1,1}$), y la inicialización de cada contador a al menos un valor determinado a partir de la dirección de origen atribuida,
- la transmisión (302, 204) por el origen geográfico ($N_{1,1,1}$), a todos los demás nodos ($N_{i,j,k,i}$) del grupo de servidores (12), denominados nodos receptores, un mensaje identificado como que requiere la atribución de una dirección geográfica y que incluye cada contador, constanding esta transmisión del incremento o la disminución de cada contador tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por el mensaje
- la atribución (302, 206), en cada nodo receptor ($N_{i,j,k,i}$), de una dirección geográfica en el grupo de servidores (12) determinada a partir del valor adoptado por cada contador cuando este nodo receptor recibe el mensaje,
- el registro (302, 206) de la dirección geográfica de cada nodo ($N_{i,j,k,i}$) en unos medios de almacenamiento de direcciones del grupo de servidores.

4. Procedimiento de intercambio de datos según la reivindicación 3, en donde la dirección geográfica atribuida a uno cualquiera de los nodos ($N_{i,j,k,i}$) del grupo de servidores (12) está registrada (302, 206) localmente por ese nodo en unos medios de almacenamiento de los que este consta.

5. Procedimiento de intercambio de datos según la reivindicación 3 o 4 para una verificación la integridad de la red de interconexión geográfica y de las direcciones geográficas atribuidas, que consta de:

- la inicialización (300) de cada contador a al menos un valor determinado a partir de la dirección geográfica de un nodo administrador ($N_{1,1,1}$) encargado de verificar dicha integridad,
- la transmisión (302, 204) por este nodo administrador ($N_{1,1,1}$), a todos los demás nodos ($N_{i,j,k,i}$) del grupo de servidores (12), denominados nodos receptores, de un mensaje identificado como que requiere una verificación de dicha integridad y que incluye cada contador, constanding esta transmisión del incremento o la disminución de cada contador tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por el mensaje,
- el reenvío (302, 208) al nodo administrador ($N_{1,1,1}$), por al menos una parte de los nodos receptores ($N_{i,j,k,i}$), de mensajes de validación o de error en respuesta al mensaje de solicitud,
- la detección (302, 210) de un posible mal funcionamiento de la red de interconexión geográfica o de una posible incoherencia en la atribución de las direcciones geográficas basándose en los mensajes devueltos al nodo administrador ($N_{1,1,1}$).

6. Procedimiento de intercambio de datos según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde:

- con motivo de la emisión (104; 204), por el nodo emisor (N_e), de datos destinados al nodo receptor (N_r), cada contador se inicializa en al menos un valor determinado a partir de la dirección geográfica del nodo emisor (N_e),
- 5 - durante la transmisión (106; 204) de estos datos con ayuda de la red de interconexión geográfica, cada contador aumenta o disminuye tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por un mensaje que consta de estos datos y los datos se transmiten, además, con al menos un valor correspondiente a la dirección geográfica del nodo receptor (N_r),
- 10 - se considera que los datos han alcanzado (108; 206) el nodo receptor (N_r) cuando el valor de los contadores es igual al valor de la dirección geográfica del nodo receptor (N_r) transmitido con los datos.

7. Procedimiento de intercambio de datos según la reivindicación 6, en donde los datos transmitidos por el nodo emisor (N_e) hacia el nodo receptor (N_r) consta de uno de los elementos del conjunto que consiste en:

- 15 - una solicitud de atribución de dirección geográfica al nodo receptor (N_r), siendo el nodo emisor (N_e) de esta solicitud un origen geográfico ($N_{1,1,1}$) seleccionado entre los nodos ($N_{i,j,k,l}$) del grupo de servidores (12),
- una solicitud de verificación de dirección geográfica del nodo receptor (N_r), siendo el nodo emisor (N_e) de esta solicitud un origen geográfico ($N_{1,1,1}$) seleccionado entre los nodos ($N_{i,j,k,l}$) del grupo de servidores (12),
- 20 - una solicitud de dirección MAC, siendo el nodo emisor (N_e) de esta solicitud un nodo administrador de direcciones MAC de todos los nodos del grupo de servidores (12),
- una respuesta a una solicitud de dirección MAC,
- una orden de emulación de una función de orden de un panel de control del nodo receptor (N_r), en particular, de una función de reinicio, de restauración de funcionamiento, de inicialización o de mantenimiento, y
- 25 - una orden de emulación de una función de control de un panel de control del nodo receptor (N_r), en particular, de una función de señalización o de alarma.

8. Grupo de servidores (12) que consta de una pluralidad de nodos ($N_{i,j,k,l}$) interconectados por una red de interconexión geográfica que consta de una pluralidad de segmentos de transmisión ($10_{i-1/l}$, $20_{i,j-1/l}$, $30_{k-1/k}$, 40_k) que conectan los nodos entre sí según un número limitado predeterminado de diferentes direcciones de conexiones asociadas respectivamente a varias coordenadas diferentes de un sistema de coordenadas de la red de interconexión geográfica, perteneciendo cada segmento de transmisión de la red de interconexión geográfica de este modo a una de las diferentes direcciones de conexión y, estando así el sistema de coordenadas definido de tal manera que cada coordenada del sistema de coordenadas está asociada a una de las diferentes direcciones de conexiones, constando el grupo de servidores de:

- 30 - unos medios de transmisión, con ayuda de la red de interconexión geográfica, de datos emitidos por un nodo (N_e), denominado nodo emisor, y destinados a al menos otro nodo (N_r), denominado nodo receptor,
- unos medios ($21, 31_1, \dots, 31_k, 31_k$) de generación de información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados entre este nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r) durante la transmisión (106), constando esta información de al menos un contador incrementado o disminuido tan pronto como un segmento de transmisión correspondiente es atravesado por los datos durante su transmisión, y
- 35 - unos medios de suministro, a dicho al menos un nodo receptor (N_r), de esta información con los datos transmitidos,

45 **caracterizado por que** los medios ($21, 31_1, \dots, 31_k, \dots, 31_k$) de generación de esta información están diseñados con más precisión para definirla en el sistema de coordenadas de la red de interconexión geográfica con ayuda de varios contadores, a razón de un contador por dirección de conexión, estando cada contador incrementado o reducido tan pronto como un segmento de transmisión que une dos nodos en la dirección del enlace correspondiente a ese contador es atravesado por los datos durante su transmisión desde el nodo emisor hacia dicho al menos un nodo receptor.

9. Grupo de servidores (12) según la reivindicación 8, en donde:

- 50 - los nodos ($N_{i,j,k,l}$) están además interconectados entre sí por una red de administración adaptada para la transmisión de datos de servicio según el protocolo IP y cada uno consta de una interfaz de red de dirección MAC predefinida,
- 55 - unos medios de direccionamiento ($N_{1,1,1}, 21, 31_1, \dots, 31_k, \dots, 31_k$) están previstos para la atribución de una dirección geográfica en cada nodo del grupo de servidores basándose en la información relacionada con los segmentos de transmisión de la red de interconexión geográfica atravesados entre un nodo seleccionado como origen geográfico y cada nodo, y
- 60 - unos medios de registro previstos para registrar y almacenar la dirección geográfica asignada a cada nodo en asociación con su dirección MAC.

10. Grupo de servidores (12) según la reivindicación 8 o 9, en donde:

- 65 - cada nodo ($N_{i,j,k,l}$) está incluido en un cuadro ($C_{i,j,k}$), incluido a su vez en una bahía informática (B_{ij}), que está incluida en una fila (R_i) de bahías informáticas, constando el grupo de servidores (12) de una pluralidad de filas

(R1, ... Ri, ... Ri) de bahías informáticas,

- la red de interconexión geográfica consta de una pluralidad de segmentos de interconexión de las filas entre sí (10_{i-1/i}) según una primera dirección, de segmentos de interconexión de bahías informáticas de una misma fila entre sí (20_{i,j-1/j}) según una segunda dirección, de segmentos de interconexión de cuadro de una misma bahía informática entre sí (30_{k-1/k}) en una tercera dirección y de segmentos de interconexión de nodos de un mismo cuadro entre sí (40_k) según una cuarta dirección, constando el grupo de servidores (12) de unos medios para intercambiar datos entre el nodo emisor (N_e) y cada nodo receptor (N_r) diseñados para transmitir, con estos datos, al menos una información relacionada con el número de segmentos de interconexión de filas (10_{i-1/i}) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r), al número de segmentos de interconexión de la bahía informática (20_{i-1/i}) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r) y el número de segmentos de interconexión del cuadro (30_{i-1/i}) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r).

11. Grupo de servidores (12) según la reivindicación 10, en donde, la información relacionada con los segmentos de transmisión (10_{i-1/i}, 20_{i,j-1/j}, 30_{k-1/k}, 40_k) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y cada nodo receptor (N_r) que constan al menos de un campo de indicación del número de segmentos de interconexión de filas (10_{i-1/i}) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r), un campo de indicación del número de segmentos de interconexión de la bahía informática (20_{i-1/i}) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r) y un campo de indicación del número de segmentos de interconexión del cuadro (30_{i-1/i}) atravesados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r), medios de incremento o disminución (21, 31₁, 31_k, ..., 31_K) se proporcionan para el incremento o disminución de cada uno de estos campos tan pronto como un segmento correspondiente es atravesado por un mensaje que incluye datos intercambiados entre el nodo emisor (N_e) y este nodo receptor (N_r).

12. Grupo de servidores (12) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que consta de:

- una primera red de administración general que interconecta todos los nodos (N_{i,j,k,l}) entre sí, y
 - al menos una segunda red de gestión de datos de cálculo destinados a intercambiarse entre los nodos, interconectando al menos una porción de los nodos (N_{i,j,k,l}) entre sí, en donde dicha red de interconexión geográfica es una red adicional, distinta de la red de administración general y de la red de gestión de datos de cálculo, en particular, una red que implementa el protocolo HDLC.

Figura 1

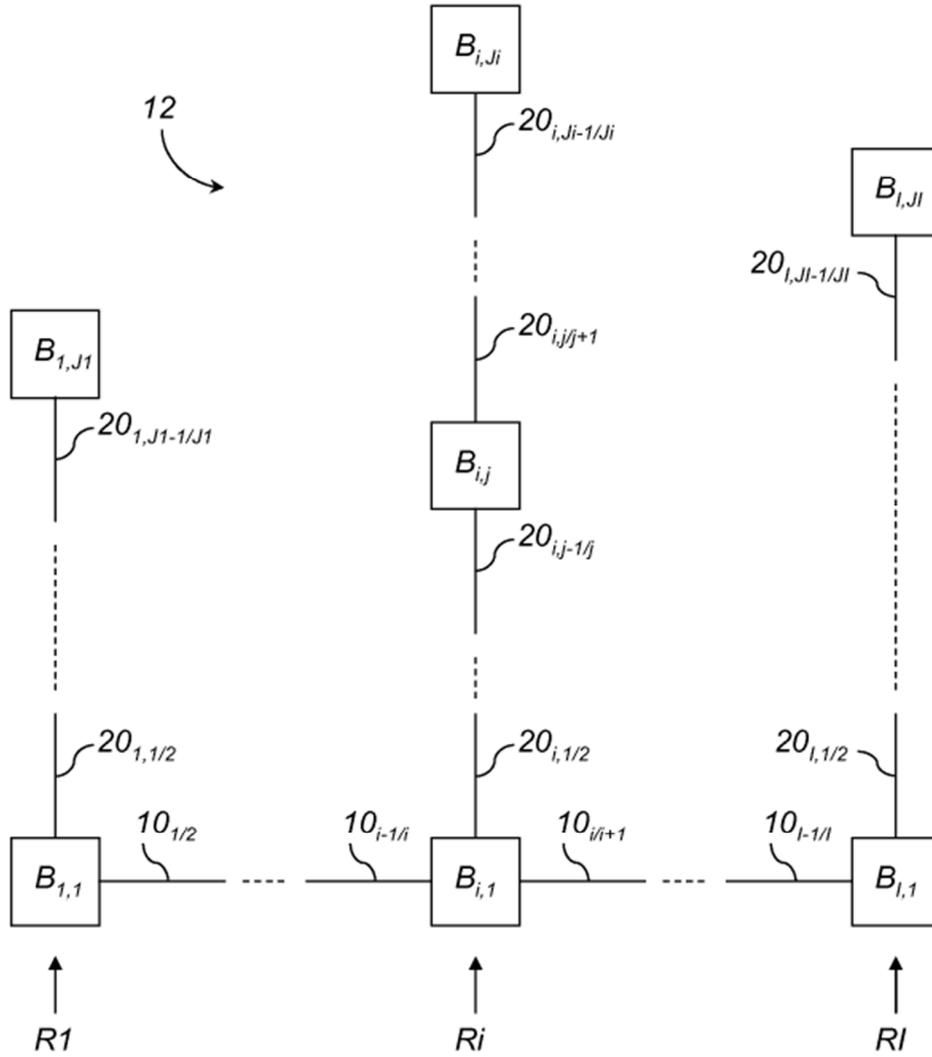


Figura 2

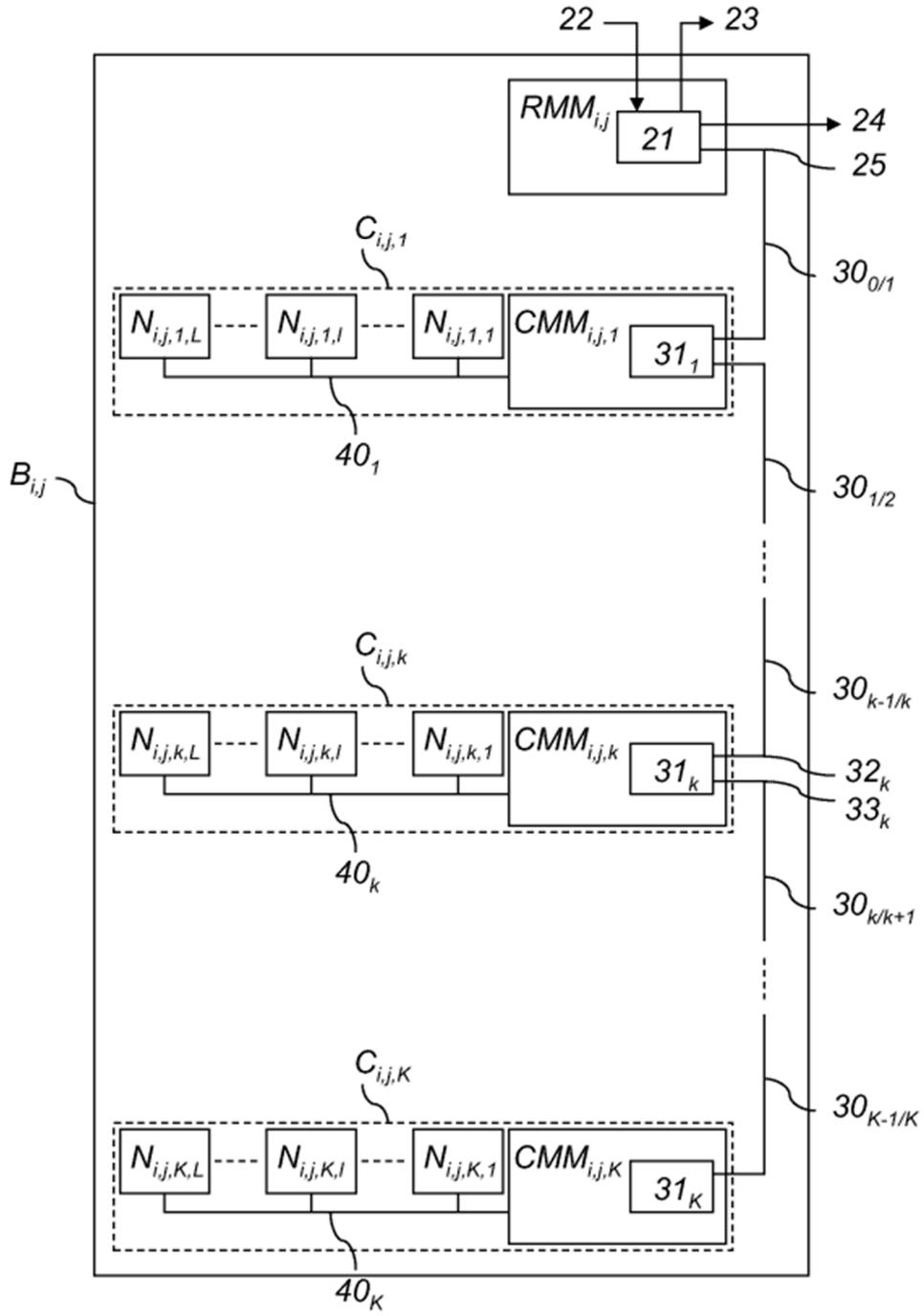


Figura 3

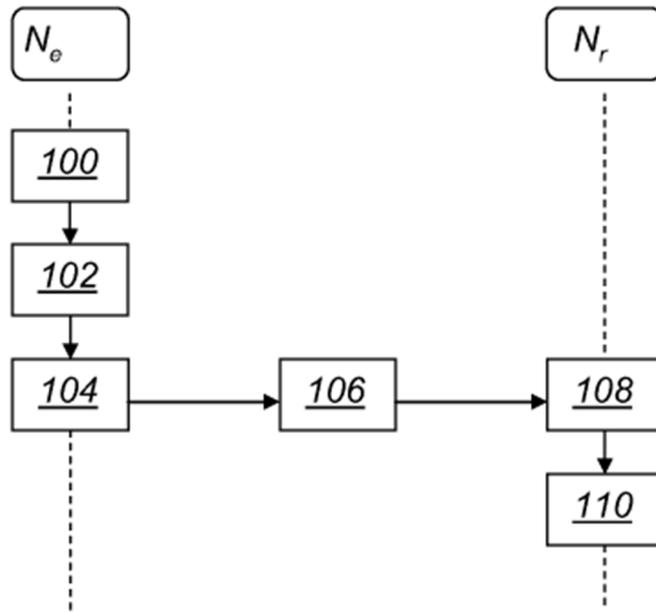


Figura 4

