

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 462**

51 Int. Cl.:
H04L 29/08 (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01)
G06F 17/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07785847 .0**
96 Fecha de presentación: **25.06.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2171983**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54 Título: **Procedimiento para retransmitir datos en una red de datos descentralizada**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.06.2012

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:
**GERDES, Christoph;
KERN, Claus;
KLEEGREWE, Christian;
SOUTHALL, Alan;
STÄBER, Fabian y
RUSITSCHKA, Sebnem**

74 Agente/Representante:
Zuazo Araluze, Alexander

ES 2 383 462 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).

DESCRIPCION

Procedimiento para retransmitir datos en una red de datos descentralizada.

La invención se refiere a un procedimiento para retransmitir datos en una red de datos descentralizada, así como a una red de datos descentralizada.

5 La invención se refiere a redes de datos descentralizadas, en las que un conjunto de nodos de red forma una primera capa y una estructura en árbol en forma de un conjunto de nodos de árbol está distribuida como segunda capa entre el conjunto de nodos de red de la primera capa. Un correspondiente nodo de árbol se caracteriza entonces por una ruta inequívoca en la estructura del árbol y cada ruta lleva asignado inequívocamente un recurso gestionado por al menos un nodo de red en la red de datos descentralizada. Bajo recursos han de entenderse al respecto en particular datos que están almacenados en nodos de red de la red de datos.

10 Mediante la reproducción de una estructura en árbol en redes de datos descentralizadas pueden conducirse datos de control y de diagnóstico de sistemas técnicos de manera adecuada a través de la red. Por el estado de la técnica se conoce al respecto que los llamados árboles XML distribuidos (XML = Extensible Markup Language, lenguaje de marcas extensible) se distribuyen entre determinadas direcciones de IP. Los distintos nodos del árbol XML pueden ser abordados con las correspondientes consultas en forma de XQueries. Los procedimientos conocidos se utilizan en particular para proporcionar un sistema distribuido de gestión de contenidos (Content-Management-System) y no sirven para retransmitir datos en un procedimiento de enrutamiento.

15 En los documentos [1], [2], [3] y [4] se describe la búsqueda de expresiones de ruta en documentos XML o bien fragmentos de documento XML dentro de una red de datos descentralizada. Los procedimientos dados a conocer en estos documentos no dividen las expresiones de ruta buscadas en segmentos de ruta inequívocos y ambiguos.

20 Es tarea de la invención lograr un procedimiento para retransmitir datos en una red de datos descentralizada con el que sobre la base de la infraestructura de la red de datos descentralizada puedan enrutarse datos de manera eficiente.

25 Esta tarea se resuelve mediante las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

30 En el procedimiento correspondiente a la invención se proporciona primeramente una reproducción inequívoca de rutas de una estructura en árbol, que corresponden inequívocamente a respectivos nodos del árbol, sobre recursos gestionados en la red de datos descentralizada. Sobre la base de esta estructura se coloca así sobre una primera capa que forma nodos de red de la red de datos descentralizada una segunda capa en forma de una estructura en árbol. Una retransmisión eficiente de una consulta en una tal estructura se logra en el marco de la invención como sigue:

Una consulta a uno o varios nodos del árbol se especifica primeramente mediante una expresión de ruta. La expresión de ruta se reparte, para retransmitir la consulta, en uno o varios segmentos de ruta consecutivos, dividiéndose los segmentos de ruta en segmentos de ruta inequívocos y ambiguos.

35 La retransmisión de la consulta al comienzo de la expresión de ruta o desde el final del correspondiente segmento de ruta (es decir, del nodo del árbol al final del segmento de ruta) al nodo del árbol en el extremo del siguiente segmento de ruta (que es el primer segmento de ruta al comienzo de la expresión de ruta) se logra así:

- 40
- i) Para un siguiente segmento de ruta inequívoco, basándose en la ruta completa que comienza en el nodo raíz de la estructura en árbol hasta el nodo de árbol al final del siguiente segmento de ruta, se busca el recurso asignado a esta ruta completa en la primera capa.
 - ii) Para un siguiente segmento de ruta ambiguo se averiguan todos los posibles siguientes segmentos de ruta según el segmento de ruta ambiguo y para cada posible siguiente segmento de ruta, basándose en la ruta completa que comienza en el nodo raíz de la estructura en árbol hasta el nodo del árbol al final del posible siguiente segmento de ruta, se busca el recurso asignado a esta ruta completa en la primera capa.

45 En el procedimiento correspondiente a la invención se definen expresiones de ruta adecuadas para describir consultas que se pueden dividir en segmentos de ruta inequívocos y ambiguos. En lugar de recorrer los distintos segmentos de ruta ahora nodo por nodo, se realiza una retransmisión al correspondiente nodo del árbol en la primera capa de la red de datos descentralizada, precisamente buscando un recurso sobre la base de la correspondiente ruta completa.

50 La invención tiene la gran ventaja de que pueden utilizarse mecanismos de búsqueda eficientes que son conocidos para redes de datos descentralizadas en la retransmisión de los datos en la estructura en árbol. Especialmente ventajoso es el procedimiento cuando se utiliza como red de datos descentralizada una red peer-to-peer (punto a punto), en la que se asigna a un recurso con una función Hash un valor Hash y la gestión de los recursos se realiza mediante una tabla Hash distribuida, siendo competente cada nodo de red de la red peer-to-peer para una zona de

- valores de la tabla Hash y buscándose recursos en base a los valores Hash. Mediante la utilización de tales redes peer-to-peer en la primera capa se aprovechan las ventajas de tales redes, en particular la escalabilidad y fiabilidad en el enrutamiento de datos. La red peer-to-peer es entonces preferiblemente una red overlay (superpuesta), en particular basada en cualquier red conocida, como por ejemplo Chord y/o Pastry y/o Tapestry y/o Kademia. La capa que se encuentra debajo de esta red overlay puede ser una capa cualquiera, utilizándose preferiblemente al respecto una red de IP (IP = Internet Protocol).
- Según una forma de ejecución especialmente preferente del procedimiento correspondiente a la invención, se garantiza la seguridad frente al fallo al retransmitir los datos replicando la red de datos descentralizada los recursos gestionados por el nodo de red una o varias veces, con lo que al fallar un nodo de red sustituye al nodo de red que ha fallado el correspondiente nodo de red que contiene copias de los recursos del nodo de red que ha fallado. Esta replicación de datos se utiliza en particular en las redes peer-to-peer ya antes descritas.
- El procedimiento correspondiente a la invención puede utilizarse en cualesquiera campos de la técnica. Un escenario de aplicación especialmente preferente son al respecto las redes de suministro de energía. Aquí representa la estructura en árbol una red de control para una red de suministro de energía, estando asignados los nodos hoja en la estructura en árbol a generadores de energía, conectados a la red de suministro de energía. Una ventaja de la aplicación de la invención en el campo del suministro de energía consiste en que pueden generarse las correspondientes estructuras en árbol según cualesquiera criterios. Por ejemplo puede lograrse mediante la estructura en árbol una estructura configurada según lugares geográficos de los generadores de energía. Igualmente es posible mediante la estructura en árbol generar una estructura dividida por tipos de energía de los generadores de energía. En función del caso de aplicación, pueden de esta manera generarse consultas adecuadas que especifican lugares geográficos o tipos de energía mediante la estructura en árbol.
- En una forma de ejecución preferente del procedimiento correspondiente a la invención, está asignada a cada nodo del árbol una identidad, que dentro de los nodos-hijos de un nodo-padre de la estructura en árbol es inequívoca. De esta manera puede generarse de forma especialmente sencilla una sintaxis para una ruta, que asegura que la ruta según la sintaxis es inequívoca para un nodo hoja.
- En otra configuración mejorada del procedimiento correspondiente a la invención, están asignados a cada nodo del árbol, además de una identidad, un nombre de nodo y/o uno o varios atributos, describiendo el nombre del nodo y/o los atributos características del nodo del árbol, en particular una región geográfica y/o un tipo de generación de energía.
- De manera especialmente sencilla puede fijarse un tramo de ruta inequívoco en una expresión de ruta mediante el conjunto de especificaciones de nodos de árbol inequívocas consecutivas. La especificación inequívoca de un nodo del árbol se fija entonces en particular al menos mediante la correspondiente identidad del nodo del árbol, preferiblemente mediante la identidad del nodo y el nombre del nodo del árbol.
- Un tramo de ruta ambiguo se determina en una forma de ejecución preferente mediante una especificación ambigua de nodos-hijo y un nodo-padre. Mediante el conjunto de especificaciones de nodos de red inequívocas consecutivas. Un segmento de ruta ambiguo se hace ambiguo así mediante la fijación de distintos nodos-hijo, quedando fijada entonces a continuación de nuevo un ruta inequívoca de nodos del árbol mediante especificaciones inequívocas. El segmento de ruta ambiguo finaliza entonces cuando se interrumpe la serie de especificaciones inequívocas consecutivas.
- Una especificación ambigua de nodos-hijo puede lograrse por ejemplo mediante un carácter de truncamiento, como por ejemplo el carácter “*”. De esta manera se incluyen todos los nodos-hijo del nodo del árbol especificado en la expresión de ruta antes de la especificación ambigua. La especificación ambigua de nodos-hijo puede no obstante también fijar determinados tipos de nodos-hijo, precisamente incluyendo la especificación además un nombre de nodo y/o uno o varios atributos, con lo que sólo se buscan los nodos-hijo que cumplen estos criterios.
- En otra forma de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención puede incluir una expresión de ruta, además de los tramos de ruta antes descritos inequívocos y ambiguos, un tramo de ruta de broadcast (difusión), retransmitiéndose en el procesamiento del tramo de ruta de broadcast la consulta de nodo de árbol a nodo de árbol a los nodos de árbol que en la estructura del árbol siguen al nodo de árbol que está especificado en la expresión de ruta antes del tramo de ruta de broadcast, precisamente hasta el nodo de hoja de la estructura en árbol o hasta que se presente la siguiente expresión de ruta inequívoca o ambigua.
- En otra forma de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención pueden procesarse consultas de lectura y/o escritura, pudiendo ser las consultas de lectura las llamadas consultas de schedule (plan) que según un esquema de tiempos predeterminado indican periódicamente la transmisión de informaciones.
- Para posibilitar en una variante de la invención un enrutamiento de retorno eficiente de las respuestas relativas a las consultas, añade el correspondiente nodo de red que recibe una consulta la ruta de la consulta hasta el correspondiente nodo del árbol en la estructura del árbol o una ruta alternativa a un nodo del árbol alternativo asignado al correspondiente nodo del árbol, así como el conjunto de nodos del árbol a los que se envía la consulta

desde el correspondiente nodo de red, como inscripción de una lista dentro de la consulta a retransmitir. Esta lista puede utilizarse entonces en el envío de retorno de la respuesta, para fijar una ruta de retorno adecuada. Preferiblemente se tiene en cuenta en la utilización de nodos de árbol alternativos en la lista que el nodo de árbol alternativo se asigne al correspondiente nodo de árbol tal que el lugar físico del nodo de árbol alternativo se encuentre en la proximidad o dentro de la región física especificada por el correspondiente nodo de red. Esto es posible cuando vienen fijadas regiones espaciales por ejemplo mediante nombres o atributos por los nodos del árbol. Mediante una tal elección de nodos de árbol alternativos queda asegurado un envío de retorno de la respuesta por una vía física especialmente corta a través de la red de datos descentralizada.

Tal como ya se ha mencionado, pueden enviarse de retorno de manera eficiente respuestas generando la correspondiente lista. Aquí es posible en particular que el correspondiente nodo no tenga que tener abierto hasta recibir la respuesta el enlace de datos con el nodo al que él envía la consulta. Esto queda garantizado conteniendo la respuesta a la correspondiente consulta la lista generada en la correspondiente consulta, enviándose de retorno una respuesta mediante búsqueda en la primera capa de los recursos están asignados en la lista a las correspondiente rutas. Para asegurar que las respuestas son completas en función de la consulta, espera preferiblemente un nodo de red que recibe una respuesta a la correspondiente consulta hasta que el mismo recibe respuestas del conjunto de nodos de red según la correspondiente inscripción en la lista, reuniendo el mismo estas respuestas entonces en una respuesta y retransmitiéndola a los nodos de red según la inscripción precedente en la lista.

Además del procedimiento correspondiente a la invención antes descrito incluye la invención una red de datos descentralizada configurada tal que los datos pueden ser retransmitidos en la red de datos con el procedimiento correspondiente a la invención antes descrito.

Ejemplos de ejecución de la invención se describirán a continuación detalladamente en base a las figuras adjuntas.

Se muestra en:

figura 1 una representación esquemática de una estructura de red de tres capas, que se utiliza en una forma de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención;

figura 2 una representación esquemática de una infraestructura de control de una red de suministro de energía utilizada en el procedimiento correspondiente a la invención;

figura 3 una representación a modo de ejemplo de la distribución de recursos en una red de datos descentralizada y la retransmisión correspondiente a la invención de una consulta en la red de datos descentralizada; y

figura 4 una representación de un segmento de la estructura en árbol que contiene los nodos del árbol alternativos utilizados en una forma de ejecución.

El procedimiento descrito a continuación para retransmitir datos en una red de datos descentralizada se describirá en base al ejemplo del control de una red de suministro de energía, pudiendo utilizarse no obstante el procedimiento en general también sobre cualesquiera otras redes.

Hoy en día la potencia eléctrica no la generan sólo grandes generadores de energía mediante las correspondientes centrales, sino que hay cada vez más pequeños generadores de energías alternativas, como por ejemplo energía solar, energía eólica, energía de la biomasa y similares. Existe por lo tanto la necesidad de controlar de manera adecuada las redes de suministro de energía a las que están conectados tanto grandes generadores de energía como también pequeños generadores de energía, con ayuda de la correspondiente estructura de red, para de esta manera adaptar la potencia generada por los generadores de energía en función de las cantidades de energía necesarias para el consumo doméstico en las distintas regiones.

En una tal infraestructura de control es por ejemplo necesario poner en conocimiento de los generadores de energía en base a biomasa que deben reducir su producción de energía siempre que haya suficiente energía eólica disponible y que deben aumentar su producción de energía cuando desciende la cantidad de energía eólica generada. La correspondiente infraestructura de control debe tener una gran escalabilidad, ya que cada hogar individual puede contener en el futuro unidades de generación de energía o unidades de regulación del consumo de energía.

En la forma de ejecución descrita a continuación se realiza la infraestructura de control de una red de suministro de energía con ayuda de la tecnología peer-to-peer (punto a punto) que posibilita infraestructuras que se autoorganizan, que contienen un conjunto de peers descentralizados y que son robustas frente a fallos de los peers. Los peers representan en la forma de ejecución aquí descrita los nodos de red en el sentido de las reivindicaciones. Se conocen por el estado de la técnica un conjunto de distintas redes peer-to-peer. La invención puede realizarse con cualesquiera de tales redes. La robustez de las redes peer-to-peer se logra en particular replicando los recursos gestionados por los peers en otros peers, asumiendo en el caso de fallo de un peer la gestión de los recursos del peer que ha fallado aquel peer que contiene copias de los recursos.

5 En la forma de ejecución aquí descrita se designan los recursos en los peers con una tabla Hash distribuida (también denominada tabla DHT; DHT = Distributed Hash Table, tabla de Hash distribuido). Mediante una palabra clave asignada al recurso se genera con ayuda de una función Hash (por ejemplo SHA1) un valor Hash, estando dividida la totalidad de los posibles valores Hash dinámicamente en gamas de valores y siendo competente cada peer para una determinada gama de valores. Mediante el valor Hash que está asignado al correspondiente recurso se determina dinámicamente qué peer es responsable de este recurso en base a su gama de competencia. Con ayuda de la tabla Hash distribuida se buscan recursos de manera sencilla en base a los valores Hash con los correspondientes algoritmos de búsqueda. Puesto que esta búsqueda de recursos no exige ninguna retransmisión por nodos de los datos y por lo tanto es muy eficiente, se utiliza la misma según las siguientes formas de ejecución para retransmitir consultas en la red de suministro de energía.

10 En la red de suministro de energía participan dos tipos de empresas. Por un lado es gestionada la red de suministro de energía por una empresa de suministro de energía, gestionando en la forma de ejecución aquí descrita la empresa de suministro de energía la infraestructura de control de la red en base a una estructura en árbol con un conjunto de nodos del árbol. Además existen los generadores de energía que están unidos con la infraestructura de control de la empresa de suministro de energía. La empresa de suministro de energía utiliza su infraestructura de control para enviar órdenes a los distintos generadores de energía y bajarse información del estado de los generadores. En la forma de ejecución que se describe a continuación se asignan a los generadores de energía mediante la estructura en árbol lógicamente nodos hoja de la estructura, pudiendo abordar la empresa de suministro de energía estos nodos hoja mediante la estructura en árbol generada.

15 La estructura en árbol de la empresa de suministro de energía se pone a disposición independientemente del hardware que sirve de soporte. Incluso cuando falla el correspondiente ordenador en el hardware que sirve de soporte, o bien se añade o se retira, se mantiene esta estructura en árbol. Además puede gestionar la empresa de suministro de energía varias estructuras de hoja diferentes en paralelo, reproduciendo cada estructura en árbol un punto de vista diferente sobre la red de suministro de energía. De esta manera puede elegir la empresa de suministro de energía la estructura de árbol más adecuada para el caso de aplicación para controlar el suministro de energía.

Un ejemplo de una definición de una estructura en árbol puede ser como sigue:

```

20 <power-company id="...">
    <energy-type id="weather-dependent">
30     <alternative-energy id="wind".../>
        <alternative-energy id="solar".../>
        ...
    <energy-type>
    <energy-type id="weather-independent">
35     <alternative-energy id="biomass".../>
        <alternative-energy id="water".../>
        ...
    <energy-type>
<power-company>

```

40 significando power-company = empresa de suministro,
 energy-type = tipo de energía,
 weather-dependent/independent = dependiente/independiente del tiempo atmosférico,
 alternative-energy = energía alternativa,
 45 wind = viento,
 solar = solar,
 biomass = biomasa,

water = agua.

5 Se trata al respecto de una visión basada en los tipos de energía del generador de energía aplicado a la red de suministro de energía. En la primera línea se encuentra primeramente la dirección de la empresa de suministro de energía (en inglés: "power-company") mediante la correspondiente identidad id. A continuación se fijan especificaciones de nodos del árbol, estando estructuradas las especificaciones según el tipo de energía (en inglés: "energy-type"). Hay en la estructura en árbol según la representación anterior tras el nodo raíz dos nodos-niño con el nombre "energy-type", presentando uno de los nodos-niño la identidad "weather-dependent" y el otro nodo-niño la identidad "weather-independent". A estos nodos-niño le siguen otros nodos-niño, estando especificados para el nodo-niño "weather-dependent" generadores de energía alternativos (especificado mediante el nombre del nodo "alternative-energy"), que dependen del tiempo atmosférico, precisamente mediante las identidades "wind" y "solar". Análogamente se determinan como nodo-niño respecto al nodo con la identidad "weather-independent" los correspondientes generadores de energía alternativos, que son independientes del tiempo atmosférico, precisamente mediante las identidades "biomass" y "water". La estructura citada contiene así cuatro generadores de energía alternativos, precisamente una central eólica, una central solar, una central basada en la biomasa y una central hidroeléctrica.

10 La misma red de suministro de energía según la estructura antes presentada puede también reproducirse mediante la siguiente estructura de árbol alternativa, que se basa en los lugares geográficos de las distintas centrales de energía.

```

20 <power-company id=...">
    <country id="de">
        <subdivision id="by">
            <region id="ofr">
                <generator id="k1" type="wind".../>
                <generator id="k2" type="biomass".../>
25     ...
        </region>
        ...
        </state>
        ...
30    </country>
    ...
</power-company>

```

significando:

35 power-company = empresa de suministro,
country = país,
subdivisión = subdivisión,
region = región,
generador = generador,
40 wind = viento,
biomass = biomasa,
state = estado.

- Análogamente a lo antes indicado del punto de vista basado en tipos de energía, se caracteriza de nuevo el nodo raíz por la empresa de suministro de energía con la correspondiente identidad. Sigue a continuación un nodo-niño con el nombre "country", que presenta como identidad Alemania (especificado mediante "de"). A ello le sigue otro nodo-niño con el nombre "subdivision", que caracteriza la región Baviera (especificada mediante "by"). La región Baviera se especifica más en detalle mediante otro nodo-niño, que determina todas las centrales que operan en la Alta Franconia (id = "ofr"). En el punto de vista anterior se citan a modo de ejemplo dos generadores con la identidad k1 y k2 respectivamente para la región de la Alta Franconia, especificándose estos generadores a su vez mediante otro atributo de tipo, que determina el tipo de generación de energía. Este tipo de generación de energía es para el nodo con la identidad k1 el viento y para el nodo con la identidad k2 la biomasa.
- Los puntos de vista antes descritos pueden utilizarse en función del escenario de aplicación de manera diferente. En el caso de que una empresa de suministro de energía por ejemplo deseara retransmitir una consulta a todas las instalaciones de energía eólica, se elegiría la anterior estructura de árbol basada en tipos de energía para retransmitir la consulta. Pero si estuviese interesada la empresa de suministro de energía en la capacidad momentánea de todos los generadores de energía en una determinada región, utilizaría la anterior estructura de árbol ordenada por regiones geográficas.
- Las estructuras en árbol antes descritas se reproducen según la invención de manera adecuada en un sistema peer-to-peer, tal como a continuación se describirá detalladamente. Las características esenciales de la infraestructura de control que de ello resulta pueden resumirse como sigue:
1. Fiabilidad:

Mediante la generación de la correspondiente estructura en árbol, en la que se retransmiten datos, queda asegurada la independencia respecto al hardware que sirve de base al sistema. En base a la auto-organización del sistema peer-to-peer puede añadirse o retirarse hardware sin problemas, conservándose a continuación la estructura lógica en árbol.
 2. Escalabilidad:

En el futuro contendrán también los hogares más pequeñas unidades de generación de energía o bien unidades reguladoras del consumo de energía, reduciéndose con estas últimas el consumo en puntas de carga. Con la infraestructura de control que se describe a continuación es posible que una empresa de suministro de energía establezca primeramente la correspondiente red de control basándose en una reducida cantidad de peers, pudiendo incrementarse significativamente sin problemas la cantidad de peers cuando aumentar la cantidad de hogares. El tráfico en la red entre los peers se distribuye entonces uniformemente, lo cual queda asegurado utilizando una tabla DHT.
 3. Multicasting (multidifusión) y agregación:

La infraestructura de control está en condiciones de apoyar el multicasting (es decir, la retransmisión de consultas a varios peers) y puede además lograrse un llamado árbol de agregación, con el que se envían de retorno informes periódicos desde los generadores de energía en los nodos hoja a la empresa de suministro de energía.
 4. Autoorganización:

La estructura lógica en árbol proporcionada por la invención es independiente de la infraestructura física que sirve de base. Puede añadirse o retirarse hardware, sin que la estructura en árbol tenga que adaptarse.

En la figura 1 se muestra una estructura de red de tres capas, que se utiliza en una forma de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención. La capa más inferior L1 es una red de IP (IP = Internet Protocol, protocolo de Internet), operando los distintos hosts u ordenadores de la red una empresa de suministro de energía. En la figura 1 incluye la capa más inferior L1 hosts 1, 2, 3, 4 y 5, que están enmallados entre sí mediante los correspondientes enlaces de comunicación (representados como líneas).

Sobre esta capa más inferior L1 está colocada una capa peer-to-peer en forma de una red overlay como capa L2, siendo esta capa la primera capa en el sentido de las reivindicaciones. En el ejemplo de la figura 1 se utiliza como red peer-to-peer una estructura anular con los distintos peers P1, P2, P3, P4 y P5, indicándose para cada peer además el correspondiente host según la capa de IP L1. En particular corresponde el peer P1 al host 1, el peer P2 al host 5, el peer P3 al host 4, el peer P4 al host 3 y el peer P5 al host 2. La red peer-to-peer de la capa L2 proporciona entonces un peer en una tabla Hash distribuida con la correspondiente gama de competencias para valores Hash. Las tablas Hash distribuidas son sistemas peer-to-peer estructurados, siendo responsable cada peer de una determinada gama de palabras clave, transformándose las palabras clave mediante una función Hash en los correspondientes valores Hash de la tabla Hash. Cuando se memorizan recursos en la tabla Hash distribuida, se encuentra el peer responsable del recurso utilizando la palabra clave que está ligada al correspondiente recurso. Los datos de los peers contiguos se replican entonces, con lo que un peer contiguo puede asumir la competencia de un peer que haya fallado.

Por encima de la capa peer-to-peer L2 se encuentra en la figura 1 la correspondiente estructura en árbol que gestiona una empresa de suministro de energía. La estructura en árbol se denomina en la figura 1 capa L3 y corresponde a la segunda capa en el sentido de las reivindicaciones. La estructura del árbol contiene al respecto siete nodos de árbol T1 a T7, representando el nodo de árbol T1 el nodo raíz, los nodos de árbol T2 y T3 los nodos de un nivel de jerarquía intermedio y los nodos T4 a T7 nodos hoja de la estructura en árbol. Los distintos nodos del árbol se implementan entonces como recursos, que están memorizados en la tabla Hash distribuida de la capa L2. Cada peer de la capa L2 puede entonces memorizar varios nodos del árbol. Por ello puede contener la estructura en árbol según la capa L3 más nodos de árbol que peers existen en la tabla Hash distribuida. Análogamente a la capa L2, se indican en la figura 1 para cada nodo de árbol los hosts de la capa de IP que memorizan los correspondientes nodos de árbol en la capa L1.

La ventaja de la utilización de un sistema peer-to-peer según la capa L2 entre la capa física L1 y la estructura en árbol L3 consiste en que se aprovecha la infraestructura de control de la empresa de suministro de energía en la retransmisión de consultas o bien de respuestas a consultas con la fiabilidad y escalabilidad del sistema peer-to-peer de la capa L2, tal como se describirá más en detalle a continuación.

La figura 2 muestra en representación esquemática una forma de ejecución especial de una estructura en árbol, en la que se muestra cómo según la estructura en árbol interactúan los distintos generadores de energía con la empresa de suministro de energía. La parte de la estructura en árbol que forma la infraestructura de control de la empresa de suministro de energía se representa aquí en el rectángulo CI (CI = Control Infraestructure, infraestructura de control) e incluye nodos de árbol T1 a T7. Además tiene la estructura en árbol según la figura 2 otras tres zonas PG1, PG2 y PG3 que reúnen distintos servidores S de diversos generadores de energía PG1, PG2 y PG3. Las distintas zonas PG1, PG2 y PG3 están asignadas entonces en la estructura en árbol CI a los respectivos nodos hoja individuales T4, T5 y T7 respectivamente, no siendo visible la zona de dentro de los distintos generadores de energía en la estructura en árbol CI. Esto es debido a que los servidores situados dentro de un generador de energía no se utilizan para retransmitir/enrutar consultas hacia otros generadores de energía y por lo tanto no tienen que representarse separadamente en la estructura en árbol.

La red peer-to-peer según la tabla Hash distribuida es gestionada por la propia empresa de suministro de energía. Así pueden gestionarse todos los peers conjuntamente en una red VPN fiable (VPN = Virtual Private Network, red privada virtual). A esta red no puede accederse desde fuera. Se supone al respecto que todos los peers de la tabla Hash distribuida son nodos de red dignos de confianza, con lo que se reduce el peligro de ataques en la capa de protocolo de la tabla Hash distribuida. En particular no puede un atacante enviar ningún mensaje de enrutamiento falsificado o simular peers no reales, si no conoce la clave privada de la empresa de suministro de energía para acceder a la red VPN.

La empresa de suministro de energía funciona en el escenario de la figura 2 como el llamado cliente, que puede dirigir consultas a la estructura en árbol y recibir las correspondientes respuestas a las consultas. Tales consultas se representan en la figura 2 como Q y las correspondientes respuestas como R. En la forma de ejecución aquí descrita firma las consultas Q la empresa de suministro de energía y los peers de la red peer-to-peer pueden verificar la firma utilizando la clave pública de la empresa de suministro de energía utilizada en la red VPN. Puesto que los mensajes no firmados en la estructura en árbol no se transmiten, mejora aún más la seguridad.

Mediante la estructura en árbol utilizada según la invención, queda asegurado un enrutamiento de datos dentro de esta estructura en árbol, siendo la estructura en árbol una estructura virtual que físicamente está distribuida entre los peers operados por la empresa de suministro de energía y los servidores de los generadores de energía. El enrutamiento empleado en la forma de ejecución aquí descrita necesita la información de sobre qué parte del árbol puede accederse a la red peer-to-peer y qué parte se encuentra en los servidores de los distintos generadores de energía. La separación entre nodos de árbol en la zona de los distintos generadores de energía y nodos de árbol que son gestionados por la empresa de suministro de energía se logra mediante los llamados árboles de nombres. La parte de la estructura en árbol que se encuentra sobre los peers de la empresa de suministro de energía se reúne bajo el espacio de nombres de la empresa de suministro de energía y por el contrario los sub-árboles con los servidores S dentro de los distintos generadores de energía PG1, PG2 y PG3, se reúnen bajo los espacios de nombres del generador de energía.

En la forma de ejecución aquí descrita no se reproducen los nodos del árbol de los distintos generadores de energía en la red peer-to-peer, porque los distintos generadores de energía pueden definir sus propias estructuras de datos bajo su espacio de nombres. Así no se distingue separadamente en la estructura en árbol los correspondientes generadores de energía PG1, PG2 y PG3, sino que se representan sólo mediante el correspondiente nodo hoja T4, T5 y T7 de la infraestructura de control CI, realizándose a través de estos nodos hoja el acceso a los generadores de energía. Puesto que los distintos servidores S de los generadores de energía no pueden aprovecharse de la viabilidad y escalabilidad de la red peer-to-peer, debe mantenerse la estructura de datos propietaria de los generadores de energía tan pequeña como sea posible y todas las estructuras de datos que se utilizan por parte de más de un generador de energía deben definirse en el espacio de nombres de la empresa de suministro de energía.

A continuación se describe cómo se expresan las rutas en la estructura en árbol utilizada según la invención y cómo pueden formularse las correspondientes consultas (en inglés: queries) en la estructura en árbol. Para una mayor

facilidad de representación, se eliminan los antes citados prefijos del espacio de nombres para distinguir entre empresas de suministro de energía y generadores de energía. A continuación se considera siempre sólo el espacio de nombres de la tabla Hash distribuida de la empresa de suministro de energía.

5 La sintaxis elegida a continuación para rutas y expresiones de consulta se apoya en la especificación XPath conocida desde hace mucho tiempo por el estado de la técnica. Los nodos de árbol de la estructura en árbol están entonces archivados como recursos en una tabla Hash distribuida. Cada recurso está combinado entonces con una clave inequívoca, estando fijada la clave mediante una especificación de la ruta inequívoca al correspondiente nodo de árbol dentro de la estructura en árbol. Esta ruta se representa con una función Hash en el correspondiente valor Hash para el que entonces es competente un determinado peer. Existe así una asignación inequívoca de un recurso gestionado por un peer a la ruta inequívoca de un nodo del árbol. Como expresión de la ruta para especificar un nodo del árbol se utiliza una notación en la que cada nodo dentro de la ruta hasta el nodo de árbol al que se acude está designado con un nombre de nodo y la correspondiente identidad. Una expresión de ruta es por ejemplo como sigue:

```
/node1[id = 'id1']/node2[id = 'id2']/...
```

15 En este ejemplo comienza la ruta en un nodo con el nombre node1 y la identidad id1 prosigue a continuación con un nodo-niño con el nombre node2 y la identidad id2. La ruta conduce entonces ahora a otros nodos que no están especificados más en detalle en el ejemplo. El último nodo en la expresión es entonces el nodo del árbol que se especifica con esta ruta. Debido a la estructura en árbol existe siempre una asociación inequívoca entre un nodo del árbol y la ruta hacia el nodo del árbol

20 Tal como ya se ha mencionado, se utilizan las expresiones de ruta que acabamos de describir como palabras clave para generar los correspondientes valores Hash en la tabla Hash distribuida, determinándose mediante el valor Hash a su vez el peer en el que está archivado el correspondiente nodo del árbol como recurso.

25 Para formular ahora consultas en la estructura en árbol, se utilizan expresiones de consulta, que contrariamente a las expresiones de ruta no tienen que ser necesariamente inequívocas. Es así posible que haya distintas formas de llamar a los mismos recursos en la estructura en árbol.

En la forma de ejecución aquí descrita existen tres tipos distintos de expresiones de consulta, que se describirán a continuación:

a) Singlecasts (transmisiones en una dirección)

30 Los singlecasts presentan las formas /node[id='...']. Los mismos pueden contener entonces un conjunto de tales expresiones una tras otra. Los singlecasts especifican un segmento de ruta inequívoco dentro de una consulta. Esto es posible debido a que las identidades id de los nodos-niño de un nodo-padre común es siempre inequívoca. Pero pese a ello pueden repetirse las identidades de nodos con distintos nodos-padre o bien en distintos niveles de jerarquía del árbol.

b) Multicasts (transmisiones en varias direcciones)

35 Los multicasts se utilizan para direccionar varios nodos-hijo partiendo de un nodo-padre. Se diferencian al respecto tres tipos de multicasts. El primer tipo es similar a un singlecast, pero utiliza otro atributo distinto a la identidad id. Un ejemplo de un tal multicast es /node[type='...']. Se especifica así en un tal multicast el correspondiente atributo, no siendo inequívoco el atributo contrariamente a la identidad para los nodos-niño. En el ejemplo que acabamos de citar se especifica el atributo-tipo mediante el multicast. En el segundo tipo de un multicast se eliminan todos los atributos y el multicast se especifica sólo mediante el nombre del nodo del árbol, es decir, el multicast se indica como /node. De esta manera se llama a todos los nodos -niño que presentan el nombre node. El tercer tipo de multicast es el carácter de truncamiento /*, que puede utilizarse para llamar a todos los niños de un nodo-padre independientemente de su nombre.

c) Broadcasts (difusiones)

45 Los broadcasts se especifican en la forma de ejecución aquí descrita mediante el carácter // y se utilizan para transmitir/difundir la consulta a todo el sub-árbol que está especificado en la consulta delante del signo de difusión (broadcast) //.

Un ejemplo de un final de una consulta que utiliza los antes citados elementos singlecast, multicast y broadcast es como sigue:

50
$$\dots \underbrace{/generator[type = 'biomass']}_{\text{multicast}} \underbrace{/status[id = 'c']}_{\text{singlecast}} \underbrace{//}_{\text{broadcast}}$$

5 En función de la expresión multicast se buscan en el lugar correspondiente de la estructura en árbol todos los nodos de red que son generadores, que generan energía a base de biomasa. Para estos generadores se consulta entonces en cada caso el correspondiente estado mediante el singlecast /status[id='c']. En el ejemplo aquí descrito tiene el nodo de Estado status[id='c'] los datos de capacidad de sus nodos-hijo. Los datos de capacidad de todos los generadores de biomasa en una determinada región se consultan entonces mediante el siguiente broadcast // en la consulta anterior.

10 En la forma de ejecución aquí descrita de la invención pueden diferenciarse las distintas expresiones de consulta antes representadas además en tres tipos de consulta diferentes, los tipos de consulta read (leer), write (escribir) y schedule (lista). Qué tipo de consulta se tiene, puede especificarse mediante la correspondiente variable o bien el correspondiente flag (indicador) en la consulta.

15 Las consultas write (también denominadas consultas de escritura) pueden utilizarse para enviar mensajes de control a los generadores de energía. Por ejemplo puede enviar una empresa de suministro de energía una consulta write, para comunicar a todos los generadores de energía que generan energía en base a biomasa que deben aumentar su producción de energía. El mensaje de respuesta a consultas write contiene los datos de los correspondientes generadores de energía tras la correspondiente actualización de su servicio, es decir, tras aumentar la cesión de energía. La empresa de suministro de energía detecta actualizaciones que no han tenido éxito comparando los datos del mensaje de respuesta con los valores esperados.

20 Las consultas read (también denominadas consultas de lectura) se utilizan para leer datos de uno o varios generadores de energía. Las consultas read se implementan como caso especial de consultas write, colocándose el valor a escribir en cero. De esta manera no tiene que diferenciar la estructura de enrutamiento correspondiente a la invención entre consultas read y consultas write.

25 Las consultas schedule se utilizan para consultar periódicamente informes. Si por ejemplo una empresa de suministro de energía desea averiguar a intervalos regulares de tiempo el estado en cuanto a capacidad instantánea de determinados generadores de energía, se envía una consulta schedule a los correspondientes generadores de energía, indicándoseles según esta consulta a los generadores de energía que indiquen su capacidad a intervalos de tiempo fijados a la empresa de suministro de energía. La infraestructura de control trata las consultas schedule en la forma de ejecución aquí descrita de la misma manera que las consultas read, a excepción de que no se envía ningún mensaje de respuesta individual, sino respuestas que se repiten periódicamente.

30 A continuación se describe cómo se retransmiten en el marco de la invención las consultas antes descritas. Contrariamente a los procedimientos tradicionales, que recorren la ruta comenzando por el nodo raíz nodo a nodo, se utiliza en la invención para el enrutamiento la infraestructura peer-to-peer descentralizada que sirve de base, pudiendo saltarse según esta infraestructura con ayuda de las expresiones de ruta y los correspondientes valores Hash directamente a cualquier posición en la estructura en árbol, sin recorrer los nodos individualmente. Este enrutamiento eficiente se logra mediante la formación de segmentos de ruta en forma de los llamados "chunks" (fragmentos) en las expresiones de ruta de las consultas.

35 En el enrutamiento se divide la expresión de la ruta primeramente en una primera parte y una segunda parte, encontrándose la primera parte en el espacio de nombres de la empresa de suministro de energía y direccionando la segunda parte los datos de los distintos generadores de energía. Aquí y a continuación se describirá el enrutamiento en base al ejemplo de la primera parte de la expresión de la ruta. La interacción entre los nodos hoja de la empresa de suministro de energía y los servidores de los generadores de energía no es visible para el algoritmo de enrutamiento aquí descrito.

40 Tal como antes se ha mencionado, se fracciona la expresión de la ruta en los llamados chunks. El primer chunk comienza al principio de la expresión de la ruta con el correspondiente nodo raíz y se extiende por el conjunto de singlecasts consecutivos. Es decir el chunk termina en el singlecast al que sigue inmediatamente un multicast o un broadcast. Este chunk corresponde así a una expresión de ruta inequívoca en el sentido de las reivindicaciones. En el caso de que la consulta no contenga ningún broadcast ni multicast, entonces está compuesta la consulta por un único chunk en forma de un segmento de ruta inequívoco. Con este único chunk puede entonces direccionarse inmediatamente el correspondiente valor Hash de la expresión de la ruta en la tabla Hash distribuida y saltarse directamente al correspondiente nodo. Además del chunk en forma de singlecasts consecutivos, existen en la forma de ejecución aquí descrita el chunk de un único multicast en combinación con el siguiente singlecast y el chunk de un único broadcast. La siguiente expresión muestra un ejemplo que contiene los tres tipos de chunks, designándose los chunks con los números 1, 2 y 3.

45
50

$$\underbrace{/one[id='a']/two[id='b']}_1 * \underbrace{/three[id='c']}_2 \underbrace{//}_3$$

55 El primer chunk determina el nodo de árbol al que se salta en primer lugar con ayuda de la tabla Hash distribuida. En la expresión anterior se trata del nodo de árbol two[id='b']. En el caso de que la expresión de la consulta comience

- con un broadcast o multicast, sería este primer nodo el nodo raíz de la estructura en árbol. No obstante, en el ejemplo anterior no debe abordarse el nodo raíz (designado como one[id='a']). Al chunk 1 le sigue el chunk 2, que significa una expresión de ruta ambigua en el sentido de las reivindicaciones y que es una combinación de un único multicast con el conjunto de singlecasts consecutivos, siguiendo en el ejemplo anterior sólo un único singlecast. El tercer chunk 3 es en el ejemplo anterior un broadcast. No obstante, al respecto pueden reunirse bajo el chunk 3 todo tipo de chunks que no pertenezcan al grupo de singlecasts consecutivos según el chunk 1 o bien al grupo de la combinación de multicast y singlecasts consecutivos. Un ejemplo de esta categoría de chunk sería por ejemplo también una expresión de multicast /*, a la que sigue un chunk en forma del chunk 2 antes citado.
- En función de qué tipos de chunks existan, se procesan los mismos de manera diferente, tal como se describirá a continuación en base al ejemplo anterior:
- Procesamiento del chunk 1:
- El chunk 1 anterior está compuesto por dos singlecasts consecutivos. El mismo es una expresión de ruta inequívoca, que puede direccionarse directamente según la tabla Hash distribuida, sin que tenga que realizarse el enrutamiento nodo por nodo a través de la estructura en árbol.
- Procesamiento del chunk 2:
- El chunk 2 está compuesto por un multicast seguido por un único singlecast. El enrutamiento se realiza ahora tal que para cada nodo-hijo se combina su ruta con el siguiente singlecast, es decir, se determina cualquier ruta posible hacia el nodo three [id='c']. Para todas estas expresiones de ruta se realiza entonces un enrutamiento según la tabla Hash distribuida. Algunas de las expresiones de ruta no existen dado el caso y se ignoran entonces. Para las otras expresiones de ruta se retransmite la consulta a los correspondientes peers responsables. Hay que tener en cuenta al respecto que para realizar el enrutamiento en base al chunk 2 cada nodo conoce a sus hijos. Además hay que tener en cuenta que la identidad de un nodo-hijo sólo es inequívoca dentro de los nodos-hijo con nodos-padre comunes.
- Procesamiento del chunk 3:
- El chunk 3 es en el ejemplo anterior un broadcast //. Dado el caso podría ser el mismo también un único multicast /*, siempre que al multicast le siga un chunk 2 o un chunk 3. Para este tipo de chunk se realiza el enrutamiento nodo por nodo, es decir, el correspondiente peer en la red peer-to-peer llama a todos los nodos-hijo y retransmite la consulta a todos los peers que gestionan los nodos-hijo. A continuación y partiendo de los nodos-hijo encontrados, se buscan de nuevo los siguientes nodos-hijo y la consulta se retransmite a estos nodos-hijo.
- El procedimiento de enrutamiento antes descrito procesa singlecasts recursivamente, y por el contrario los broadcasts y multicasts se procesan en paralelo. En la figura 3 se explica el enrutamiento de nuevo en base a un ejemplo.
- En la representación anterior D1 de la figura 3 se muestra a modo de ejemplo una distribución de los nodos de árbol con nombres de nodos n1, n2, n3 y n4, así como las correspondientes identidades a, x, y y c indicadas (sólo parcialmente). Se logra entonces una estructura en árbol que comienza con un nodo raíz con el nombre n1 en el peer P6, al que le siguen dos nodos-hijo con los nombres n2 en los peers P1 y P5. Para el nodo-hijo en el peer 1 existe entonces otro nodo-hijo con el nombre n3 en el peer P2 y este otro nodo-hijo tiene a su vez un nodo-hijo con el nombre n4 en el peer P1. El nodo raíz en el peer P6 tiene otro nodo-hijo con el nombre n2 en el peer P5 y este nodo-hijo tiene a su vez otro nodo-hijo con el nombre n3 en el peer P4. A estos nodos-hijo le siguen a su vez otros dos nodos-hijo con el nombre n4 en los peers P3 y P5.
- En la parte inferior D2 de la figura 3 se muestra la secuencia de una consulta que se compone de los chunks c1, c2 y c3. El primer chunk c1 está compuesto por un único singlecast, con el que se llama al nodo n1[id='a']. Con la tabla Hash distribuida se salta así según la etapa S1 primeramente al peer P6. Sigue a continuación un chunk c2 como combinación de un multicast y un singlecast. Se determinan entonces todas las rutas que son posibles según este chunk c2 ambiguo. Puesto que el nodo n1[id='a'] tiene según el diagrama D1 dos nodos-hijo, que son <n2 id='x'> y <n2 id='y'>, resultan como rutas posibles las correspondientes rutas a través de los nodos-hijo que acabamos de citar. Entonces se direcciona con una de las rutas el nodo <n3 id='c'> en el peer P2 y con la otra ruta del nodo <n3 id='c'> en el peer P4. Según la tabla Hash distribuida, puede enrutarse mediante las expresiones de ruta directamente a los correspondientes peers, tal como se indica mediante las etapas S2 y S3 en la figura 3.
- Al chunk c2 le sigue el chunk c3 en forma de un broadcast. Así se realiza el enrutamiento a continuación partiendo del peer P4 o bien P2 a todos los siguientes nodos según la estructura en árbol, tal como se indica en la figura 3 mediante las etapas S4, S5 y S6, que conducen a los correspondientes nodos-hijo, que están memorizados en los peers P1, P5 y P3, respectivamente.
- A continuación se describirá cómo pueden enrutarse de retorno de manera adecuada las consultas conducidas a los correspondientes nodos de árbol. En el marco de la invención no es necesario al respecto que los peers que habían

participado en la retransmisión de la correspondiente consulta mantengan abiertos sus enlaces hasta que se recibe una respuesta. Para lograr esto contiene cada mensaje en el enrutamiento todas las informaciones necesarias para procesar el mensaje. En particular se envía una llamada lista back-route (ruta de retorno) juntamente con cada mensaje de enrutamiento. Esta lista se genera añadiendo cada peer que recibe una consulta a la lista la expresión de la ruta hasta el nodo de árbol abordado en el correspondiente peer y el conjunto de peers que se abordan como siguientes hops (saltos) en el caso de una expresión broadcast o bien multicast.

La anterior lista back-route se transmite de retorno en el mensaje de respuesta al enviar de retorno una respuesta a una consulta. Con ayuda de esta lista back-route puede deducir cada peer que recibe un mensaje de respuesta la ruta hasta el siguiente hop de la lista y retransmitir la respuesta allí. Adicionalmente sabe un peer que recibe una respuesta cuántos peers ha abordado él en la correspondiente consulta, ya que este conjunto está contenido en la lista back-route. Cuando ahora recibe un peer un mensaje de respuesta, espera este peer hasta que ha recibido respuestas del correspondiente conjunto de peers a los que él ha enviado también la consulta. A continuación se retransmite como resultado agregado el conjunto de todas las respuestas al siguiente hop según la precedente inscripción en la lista back-route. Dado el caso puede utilizarse un timeout (tiempo transcurrido) para evitar que el fallo de un único peer bloquee el resultado completo. En el caso de que se presente un timeout, se activa un indicador (flag) de timeout que indica que el resultado no es completo y la expresión de ruta del nodo de árbol del que falta la respuesta se añade en el mensaje de respuesta retransmitido, para indicar así qué parte del resultado falta. El peer que era responsable del primer chunk en una consulta, es también el último peer abordado en el envío de retorno de la respuesta. Este peer agrega finalmente las respuestas totales del sub-árbol relevante abordado y da el resultado de retorno a la empresa de suministro de energía.

Según la lista back-route antes descrita puede procesar cada peer cualquier mensaje de respuesta sin que tenga conocimiento de la ruta inicial de la consulta. De esta manera se logra en una forma de ejecución especial de la invención también la posibilidad de optimizar las distancias de enrutamiento. Esto puede lograrse publicando un peer para cada nodo de árbol para el que él es responsable además un nodo alternativo en forma de un nodo de sombra en la tabla Hash distribuida. El nodo de sombra se elige al respecto tal que el lugar físico en el que el nodo de sombra está memorizado se encuentre en la proximidad de la región que está representada mediante el nodo de árbol para el que se generó el correspondiente nodo de sombra.

La figura 4 muestra a modo de ejemplo la generación de nodos de sombra en una estructura de árbol correspondiente a la invención. Se observa que en la estructura en árbol de la figura 4 para cada nodo de árbol T1, T2, T3, T4 y T5 está memorizado el correspondiente nodo de sombra T1', T2', T3', T4', T5' y T6', lográndose la generación de los nodos de sombra mediante la publicación del correspondiente recurso en un peer que se encuentra en la región especificada mediante el correspondiente nodo hoja.

En la lista back-route antes descrita no se archivan entonces los nodos de árbol iniciales al retransmitir una consulta, sino los correspondientes nodos de sombra. De esta manera se logra que al enviar de retorno una respuesta correspondiente a una consulta se elija una ruta tal que se tomen las rutas de retorno físicamente cortas hacia el peer originario, porque los nodos de sombra se distribuyen entre peers que se encuentran en la región física especificada mediante el correspondiente nodo hoja. La utilización de nodos de sombra es en particular de mucha ayuda en las consultas de listado (schedule) antes descritas en las que una única consulta genera repetidamente a intervalos de tiempo periódicos las correspondientes respuestas.

Índice de literatura

- [1] P. Felber, K.W. Ross, E.W. Biersack, L. Garcés-Erice, G. Urvoy-Keller: "Structured Peer-to-Peer Networks: Faster, Closer, Smarter" (Redes peer-to-peer estructuradas: más rápido, más cerca, más inteligente) IEEE Data Engineering Bulletin, [Online] 2005, páginas 1-8
- [2] Gleb Skobeltsyn y colab.: "Efficient Processing of XPath Queries with Structured Overlay Networks" (Procesamiento eficiente de consultas XPath con redes superpuestas estructuradas) ON THE MOVE TO MEANINGFUL INTERNET SYSTEMS 2005: COOPIS, DOA, AND ODBA SE LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE; LNCS, SPRINGER, BERLIN, DE, vol. 3761, 1 enero 2005 (2005-01-01), páginas 1243-1260
- [3] LI Yin y colab.: "eDSR: A Decentralized Service Registry for e-Commerce" (eDSR: Un registro de servicio descentralizado para comercio electrónico) E-BUSINESS ENGINEERING, 2005. ICEBE 2005. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON BEIJING, CHINA 12-18 OCT. 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 12 octubre 2005 (2005-10-12), páginas 615-619
- [4] Bonifati y colab.: "Storing and retrieving Xpath fragments in structured P2P networks" (Almacenar y recuperar fragmentos de XPath en redes P2P estructuradas) DATA & KNOWLEDGE ENGINEERING, NORTH HOLLAND, vol. 59, núm. 2, 1 noviembre 2006 (2006-11-01), páginas 247-269

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para retransmitir datos en una red de datos descentralizada, en el que un conjunto de nodos de red (P1, P2, ..., P5) de la red de datos descentralizada forman una primera capa (L2) y nodos de árbol (T1, T2, ..., T7) de una estructura en árbol (L3) están reproducidos como una segunda capa (L3) sobre el conjunto de nodos de red (P1, P2, ..., P5) de la primera capa (L2), caracterizándose el correspondiente nodo de árbol (T1, T2, ..., T7) por una ruta inequívoca en la estructura de árbol (L3) y llevando cada ruta asociado inequívocamente un recurso gestionado por al menos un nodo de red (P1, P2, ..., P5) en la red de datos descentralizada (L2), especificándose una consulta (Q) a uno o varios nodos del árbol (T1, T2, ..., T7) mediante una expresión de ruta,
- 5 **caracterizada porque**
- 10 - la expresión de ruta de la consulta (Q) se divide en uno o varios segmentos de ruta consecutivos, subdividiéndose los segmentos de ruta en segmentos de ruta inequívocos y ambiguos;
- la consulta (Q) se retransmite al comienzo de la expresión de ruta o al final del correspondiente segmento de ruta (c1, c2, c3) al nodo de árbol (T1, T2, ..., T7) al final del siguiente segmento de ruta (c1, c2, c3) tal que
- 15 i) para un siguiente segmento de ruta inequívoco, basándose en la ruta completa en la estructura en árbol hasta el nodo de árbol (T1, T2, ..., T7) al final del siguiente segmento de ruta, se busca el recurso asignado a esta ruta completa en la primera capa (L2);
- ii) se averiguan para un siguiente segmento de ruta ambiguo todos los posibles siguientes segmentos de ruta según el segmento de ruta ambiguo y para cada posible siguiente segmento de ruta, basándose en la ruta completa en la estructura en árbol hasta el nodo de árbol (T1, T2, ..., T7) al final del posible siguiente
- 20 segmento de ruta, se busca el recurso asignado a esta ruta completa en la primera capa.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que
- la red de datos descentralizada es una red peer-to-peer en la que se asigna a un recurso con una función Hash un valor Hash y la gestión de los recursos se realiza mediante una tabla Hash distribuida, siendo competente cada nodo de red (P1, P2, ..., P5) para una gama de valores de la tabla y buscándose recursos en base a los
- 25 valores Hash.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que
- la red peer-to-peer incluye una red overlay (superpuesta), en particular basada en Chord y/o Pastry y/o Tapestry y/o Kademlia.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que
- 30 la capa (L1) que se encuentra bajo la red overlay incluye una red de IP.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que
- la red de datos descentralizada replica los recursos gestionados por el nodo de red (P1, P2, ..., P5) una o varias veces, con lo que cuando falla un nodo de red (P1, P2, ..., P5) un correspondiente nodo de red (P1, P2, ..., P5) que contiene copias de los recursos del nodo de red (P1, P2, ..., P5) que ha fallado sustituye al nodo de red que
- 35 ha fallado.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que
- mediante la estructura en árbol se genera una red de control (CI) para una red de suministro de energía, estando asignados los nodos hoja en la estructura en árbol a generadores de energía (PG1, PG2, PG3) que están conectados a la red de suministro de energía.
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que
- mediante la estructura en árbol se logra una estructura clasificada por lugares geográficos de los generadores de energía (PG1, PG2, PG3).
8. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que
- mediante la estructura en árbol se logra una estructura clasificada por tipos de energía de los generadores de
- 45 energía (PG1, PG2, PG3).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que

está asignada a cada nodo del árbol (P1, P2, ..., P5) una identidad que es inequívoca dentro de los nodos-hijo de un nodo-padre de la estructura en árbol.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que
- 5 a cada nodo del árbol (P1, P2, ..., P5) están asignados además un nombre del nodo y/o uno o varios atributos, describiendo el nombre del nodo y/o los atributos características del nodo del árbol, en particular una región geográfica y/o un tipo de generación de energía.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que está fijado un segmento de ruta inequívoco mediante el conjunto de especificaciones inequívocas consecutivas de nodos de árbol (T1, T2, ..., T7).
- 10 12. Procedimiento según la reivindicación 11 en combinación con la reivindicación 9 o 10, en el que
- está fijada una especificación inequívoca de un nodo del árbol (T1, T2, ..., T7) al menos mediante la correspondiente identidad del nodo del árbol (T1, T2, ..., T7), preferiblemente mediante la identidad del nodo y el nombre del nodo correspondiente al nodo del árbol (T1, T2, ..., T7).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que
- 15 se fija un segmento de ruta ambiguo mediante una especificación ambigua de nodos-hijo de un nodo-padre y el conjunto de especificaciones de nodos del árbol (T1, T2, ..., T7) inequívocas que siguen a los nodos-hijo.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que
- una especificación inequívoca de nodos-hijo puede incluir un carácter de truncamiento, con lo que quedan incluidos todos los nodos-hijo del nodo de árbol (T1, T2, ..., T7) especificado en la expresión de ruta antes de la especificación ambigua.
- 20 15. Procedimiento según la reivindicación 13 o 14 en combinación con la reivindicación 10, en el que
- una especificación ambigua de nodos-hijo puede incluir un nombre de nodo y/o uno o varios atributos.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que una expresión de ruta puede incluir además un segmento de ruta de broadcast, retransmitiéndose en el procesamiento del segmento de ruta de broadcast la consulta (Q) de nodo del árbol a nodo del árbol a nodos del árbol (T1, T2, ..., T7) que en la estructura del árbol van a continuación del nodo del árbol (T1, T2, ..., T7) que está especificado en la expresión de ruta antes del segmento de ruta de broadcast, precisamente hasta el nodo de hoja de la estructura en árbol o hasta que se presenta el siguiente segmento de ruta inequívoco o ambiguo.
- 25 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que
- 30 las consultas (Q) incluyen consultas de lectura y/o escritura, incluyendo las consultas de lectura consultas de lectura de una sola vez y/o periódicas.
18. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que
- un correspondiente nodo de red (P1, P2, ..., P5) que recibe una consulta (Q) añade una inscripción a una lista dentro de la consulta (Q) a retransmitir, incluyendo la inscripción la ruta de la consulta (Q) hasta el nodo de árbol (T1, T2, ..., T7) correspondiente al respectivo nodo de red (P1, P2, ..., P5) en la estructura del árbol o una ruta alternativa a un nodo del árbol alternativo (T1', T2', ..., T7) asignado al correspondiente nodo del árbol (T1, T2, ..., T7), así como el conjunto de nodos del árbol a los que se retransmite la consulta (Q) del correspondiente nodo de red (P1, P2, ..., P5).
- 35 19. Procedimiento según la reivindicación 18, en el que
- 40 mediante los nodos de árbol (T1, T2, ..., T7) se especifica en cada caso una región espacial, asignándose el nodo de árbol alternativo (T1, T2, ..., T7) al correspondiente nodo del árbol (T1, T2, ..., T7) tal que el lugar físico del nodo del árbol alternativo (T1, T2, ..., T7) se encuentra en las proximidades o dentro de la región especificada mediante el correspondiente nodo del árbol (T1, T2, ..., T7).
20. Procedimiento según la reivindicación 18 o 19, en el que la respuesta (R) a la correspondiente consulta (Q) contiene la lista generada en la correspondiente consulta (Q), enviándose de retorno una respuesta (R) mediante búsqueda en la primera capa (L2) de recursos que están asignados a las correspondientes rutas en la lista.
- 45 21. Procedimiento según la reivindicación 20, en el que

un nodo de red (P1, P2, ..., P5) que recibe una respuesta (R) a la correspondiente consulta (Q) espera hasta que recibe respuestas del conjunto de nodos de red (P1, P2, ..., P5) según la correspondiente inscripción en la lista y estas respuestas (R) se reúnen en una respuesta, retransmitiéndose al nodo de red según la inscripción precedente en la lista.

5 22. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 21, en el que

el enlace de datos de un nodo de red (P1, P2, ..., P5) que retransmite una consulta (Q) a los nodos de red (T1, T2, ..., T7) a los que se retransmite la consulta (Q), finaliza tras retransmitir la consulta (Q).

10 23. Red de datos descentralizada, en la que un conjunto de nodos de red (P1, P2, ..., P5) de la red de datos descentralizada forman una primera capa (L2) y están reproducidos nodos del árbol (T1, T2, ..., T7) de una estructura en árbol (L3) como una segunda capa (L3) sobre el conjunto de nodos de red (P1, P2, ..., P5) de la primera capa (L2), estando caracterizado el correspondiente nodo del árbol (T1, T2, ..., T7) mediante una ruta inequívoca en la estructura en árbol (L3) y estando asignado a cada ruta inequívocamente un recurso gestionado por al menos un nodo de red (P1, P2, ..., P5) en la red de datos descentralizada (L2), estando configurada la red de datos descentralizada tal que se retransmiten datos mediante un procedimiento según una de las
15 reivindicaciones precedentes.

FIG 1

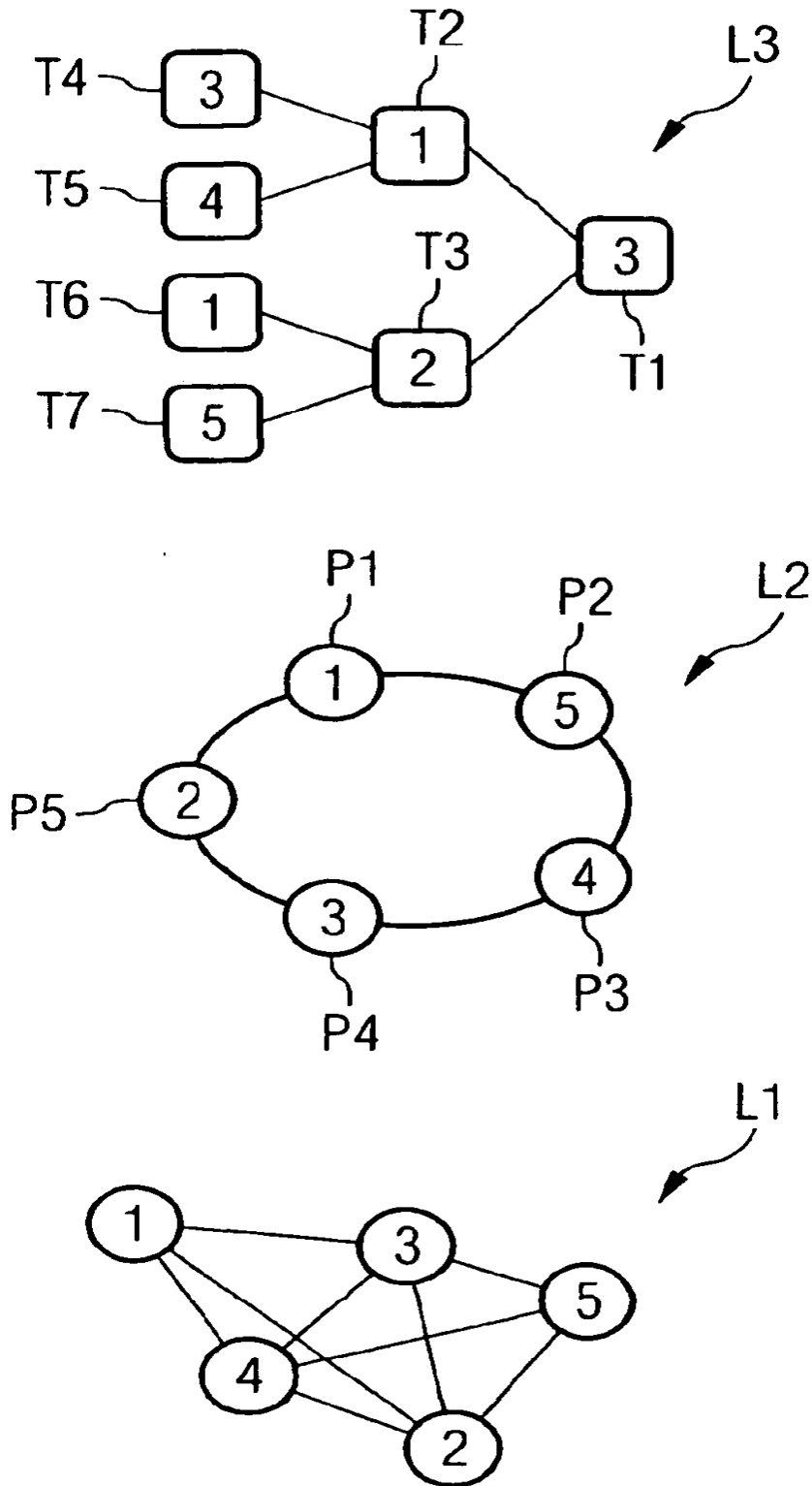


FIG 2

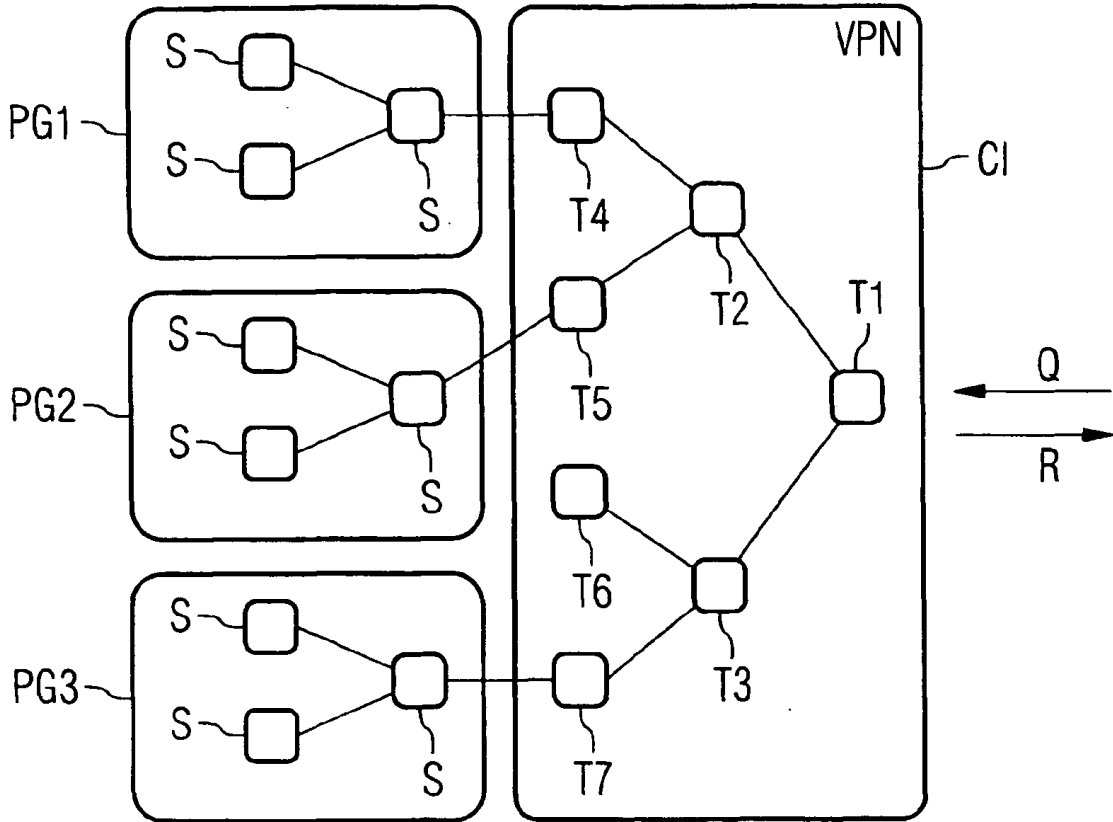


FIG 3

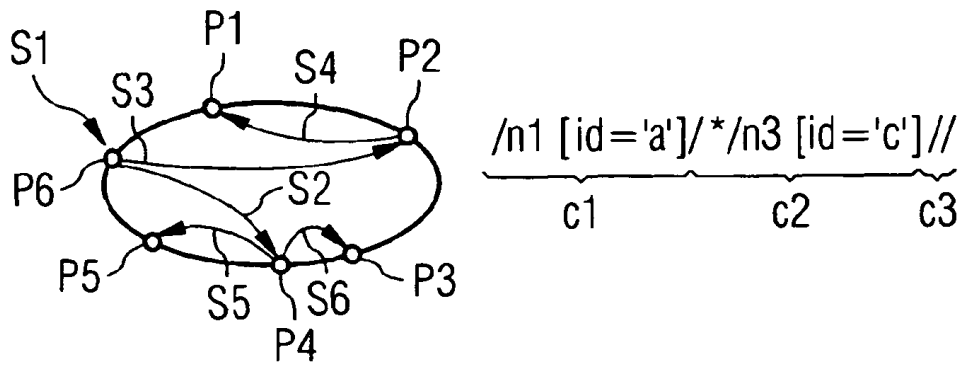
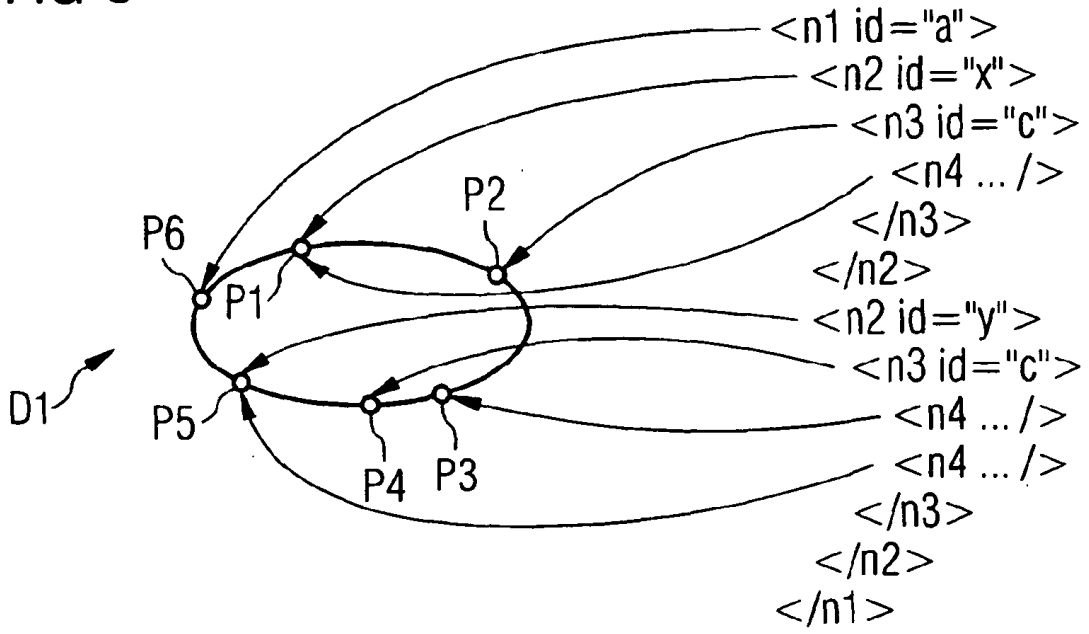


FIG 4

