

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 073**

51 Int. Cl.:

H04L 12/801 (2013.01)

H04L 12/803 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2014** **E 14305875 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016** **EP 2955887**

54 Título: **Procedimiento de distribución de carga dinámica en una red privada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.06.2017

73 Titular/es:
OSMOZIS (100.0%)
2 Rue Georges Besse et Avenue de l'Europe Zone
Artisanale La Plaine
34830 Clapiers, FR

72 Inventor/es:
PATELOUP, TRISTAN

74 Agente/Representante:
CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 617 073 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 distribución de carga dinámica en una red privada.

5 **Campo general**

La invención se refiere al campo del encaminamiento de datos en una red.

10 La invención trata, más particularmente, sobre un procedimiento de distribución de carga dinámica en una red privada.

Estado de la técnica

15 Una pasarela de acceso de una red externa, tal como Internet, comprende generalmente una única interfaz de conexión hacia esta red externa.

Una pasarela de acceso de este tipo proporciona una conectividad a la red externa por medio de una red de acceso situada bajo el control de un proveedor de acceso.

20 Generalmente, la pasarela es suministrada por el proveedor de acceso. El proveedor de acceso mantiene un estrecho control sobre el funcionamiento interno de la pasarela.

25 Unos datos con destino a la red externa, emitidos por un equipo conectado a una red privada que comprende una pasarela del tipo mencionado, transitan sucesivamente por la red privada y la red de acceso del proveedor de acceso, antes de llegar al destinatario. Recíprocamente, los datos enviados a cambio por el destinatario hacia el equipo emisor, transitan desde la red externa, sucesivamente por la red de acceso y a continuación la red privada.

30 La calidad de transmisión de estos datos intercambiados con la red externa puede verse afectada en varios niveles, especialmente en el nivel de la red privada y en el nivel de la red de acceso controlada por el proveedor de acceso.

La calidad de transmisión puede verse especialmente disminuida, por motivos externos a la red privada, situándose estas disminuciones fuera de control del administrador de la red privada.

35 La calidad de transmisión de los datos puede reducirse, por ejemplo, a iniciativa del proveedor de acceso. Efectivamente, es frecuente que un proveedor de acceso imponga una cuota de volumen de datos transmisibles a través de una pasarela de acceso, es decir, un volumen de datos transmisible, predeterminado, sobre su red de acceso en el transcurso de un periodo de tiempo dado (dicha cuota de volumen se calcula, por ejemplo, en gigabytes por mes). Cuando este volumen de datos intercambiados por una pasarela de acceso con la red de acceso correspondiente supera la cuota de volumen, el proveedor degrada voluntariamente la calidad de transmisión de los datos procedentes de la pasarela en su red de acceso.

40 La calidad de transmisión puede verse degradada además, por causa de equipos externos a la red privada, requeridos para el encaminamiento de los datos hasta el destinatario de los mismos.

45 Un administrador de la red privada no tiene control alguno sobre dichos equipos externos, y, por tanto, no puede reparar estos equipos.

50 Una solución conocida que puede ser realizada por el administrador de la red privada para eludir estos problemas, y, así, aumentar la calidad de transmisión de datos con destino a la red externa, consiste en incrementar el número de pasarelas de acceso instaladas en su red privada.

En efecto, la presencia de varias pasarelas de acceso permite paliar el fallo de una de las pasarelas de acceso.

55 Esta redundancia de pasarelas de acceso permite, asimismo, la realización de una distribución de carga en la red privada, es decir, una distribución del tráfico de datos a transmitir en la red privada hacia varias pasarelas de acceso de la red privada, y, por tanto, hacia varias redes de acceso en paralelo. Una distribución de carga de este tipo permite aumentar el caudal global de misión hacia la red externa, y de recepción proveniente de esta última.

60 Para realizar una distribución de carga del tipo mencionada, se incluye, en la red privada, por lo menos un router conectado a varias de las pasarelas de acceso. El router emite, hacia cada pasarela de acceso, una parte correspondiente de los datos entrantes emitida por un terminal de usuario.

Se conocen diferentes protocolos que permiten realizar una distribución de carga de manera dinámica en un router.

65 Los protocolos del tipo GLBP ("Global Load Balancing Protocol", descrito en el documento US nº 7.881.208 B1) y CARP ("Common Address Redondancy Protocol", descrito en la norma RFC 3040) son unos protocolos de

5 redundancia de pasarelas que ofrecen asimismo unas funcionalidades de distribución de carga. Estos protocolos gestionan la redundancia definiendo una sola dirección IP virtual de pasarela aunque proporcionando unas respuestas diferentes (con el fin de distribuir la carga) de dirección MAC durante cada solicitud ARP en relación con esta dirección IP. No obstante, durante la realización de estos protocolos, la totalidad del tráfico proveniente de un

10 rúter dado se redirige hacia exactamente la misma pasarela de acceso durante un intervalo de tiempo dado (tiempo de validez de la entrada correspondiente en la memoria caché ARP del rúter). Por tanto, estos protocolos no permiten distribuir entre varias pasarelas el tráfico proveniente de un mismo rúter.

10 Por otra parte, se conoce el protocolo de encaminamiento dinámico interno por estados de enlace OSPF versión 2 ("Open Shortest Path First", descrito en la norma RFC 2328). Aunque este protocolo puede realizar una distribución de carga, únicamente permite un reparto de carga igual entre varias rutas (es decir, que se envíe la misma proporción de tráfico en cada una de las rutas). Este protocolo OSPF, de utilización poco flexible, no permite por lo tanto elegir libremente la carga que llega a cada pasarela sin modificar la topología de la red privada.

15 Se conoce además el protocolo EIGRP ("Enhanced Internal Gateway Routing Protocol"), que permite un reparto de carga desigual entre varias rutas.

20 Sin embargo, el protocolo EIGRP y los otros protocolos antes mencionados adolecen de dos inconvenientes importantes.

25 En primer lugar, estos protocolos de encaminamiento implican que las pasarelas de acceso deben implementar estos protocolos, lo cual raramente es así en los equipos suministrados o impuestos por los proveedores de acceso en la red externa. La sustitución de estos equipos por otros que soporten el protocolo o protocolos deseados, cuando sea posible, impone por tanto un coste adicional.

25 En segundo lugar, estos protocolos resultan insuficientes para realizar una distribución de carga en la red privada que permita paliar de manera óptima los acontecimientos exteriores a la red privada susceptible de reducir la calidad de transmisión de los datos destinados a la red externa.

30 **Presentación de la invención**

35 La invención tiene como objetivo aumentar la calidad de transmisión de datos que transitan por una red privada y una red externa, sin tener que modificar el funcionamiento de pasarelas de acceso a la red externa por medio de la red privada, o el correspondiente de equipos exteriores a la red privada.

35 La invención tiene también como objetivo paliar una reducción de esta calidad de transmisión, provocada por equipos externos a la red privada, no controlables por un administrador de dicha red privada.

40 Se propone por tanto un procedimiento de distribución de carga dinámica en una red privada que comprende por lo menos un rúter y una pluralidad de pasarelas de acceso a una red externa, ofreciendo cada pasarela una ruta que lleva a la red externa y estando asociada a por lo menos un servidor de nombres de dominio que interviene en la transmisión en la red externa, de datos procedentes de la pasarela, estando el procedimiento caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- 45 - prueba de fiabilidad de un acceso a la red externa a través de una pasarela de referencia, comprendiendo la prueba de fiabilidad una prueba de disponibilidad de por lo menos un servidor DNS asociado a la pasarela de referencia,
- 50 - distribución en dichas rutas y emisión, por parte del rúter, de datos con destino a la red externa, en función de los resultados de la prueba de fiabilidad.

En el procedimiento propuesto, se tiene en cuenta la accesibilidad de los servidores DNS asociados a las pasarelas de acceso para distribuir los diferentes datos con destino a la red externa.

55 Según una manera conocida en sí misma, un servidor DNS está configurado para determinar una dirección IP a partir de un nombre de dominio.

60 En el marco de la transmisión de datos desde la red privada hacia la red externa, cada pasarela de acceso solicita uno o varios servidores DNS para obtener una dirección IP a partir de un nombre de dominio contenido en los datos.

60 Si un servidor DNS dado no es accesible por la pasarela asociada, una dirección de destino contenida en los datos a transmitir hacia la red externa, y que se presenta en forma de un nombre de dominio, no puede ser resuelta correctamente por este servidor en una dirección IP de destino.

65 En particular, si ninguno de los servidores DNS asociados a una pasarela de acceso dada es accesible por esta pasarela, no podrán llegar a su destino datos transmitidos por esta pasarela de acceso hacia la red externa sobre la

base de una dirección en forma de nombre de dominio.

Ahora bien, una conexión con una red externa no es aprovechable en general a nivel aplicativo en ausencia de un servicio de resolución de nombres de dominio funcional.

5 Así, la distribución de carga realizada en el seno de la red privada por el procedimiento propuesto permite tener en cuenta fallos eventuales de los servidores DNS solicitados para llevar a buen puerto la transmisión en la red externa de datos que provienen de la red privada.

10 Asimismo, la invención se puede completar con las siguientes características, consideradas de manera individual o en cualquiera de sus combinaciones técnicamente posibles.

15 La prueba de fiabilidad puede comprender la emisión, por parte de un equipo escrutador de la red privada, de por lo menos una primera solicitud de prueba con destino a cada servidor DNS asociado a la pasarela de referencia, quedando excluida de la distribución la ruta ofrecida por la pasarela de referencia si el equipo escrutador no recibe ninguna respuesta a por lo menos una de las primeras solicitudes de prueba en un plazo predeterminado.

20 Esto permite aumentar la fiabilidad general de acceso a la red externa desde la red privada, eliminando las pasarelas de acceso asociadas a un o unos servidores DNS lentos, incluso inoperantes.

25 La prueba de fiabilidad puede comprender la emisión, por parte de un equipo escrutador de la red privada, de una segunda solicitud de prueba con destino a la pasarela de referencia, quedando excluida de la distribución la ruta ofrecida por la pasarela de referencia si el equipo escrutador no recibe respuesta a la segunda solicitud de prueba en un plazo predeterminado.

30 Así, las propias pasarelas de acceso que fallan se pueden detectar sin ser necesaria obligatoriamente la verificación de la disponibilidad del o de los servidores DNS correspondientes. Por otra parte, esta prueba permite gestionar el caso en el que dos pasarelas de acceso se encuentran asociadas a los mismos servidores DNS, y solamente una de las dos pasarelas está en estado de funcionamiento.

35 La prueba de fiabilidad puede comprender una medición de un volumen total de datos emitidos hacia la pasarela de referencia en la red privada y/o de un volumen total de datos recibidos en la red privada desde la pasarela de referencia, en el transcurso de un periodo predeterminado, de manera que la distribución realizada por el rúter depende del resultado de una comparación entre el volumen medido y un volumen umbral asociado a la pasarela de referencia.

40 Esto permite aumentar la fiabilidad general de acceso a la red externa desde la red privada al tener en cuenta la cuota de volúmenes asignados a las pasarelas. Por ejemplo, se puede evitar la transmisión de datos hacia una pasarela de acceso conectada a una red de acceso cuyo caudal está restringido en emisión o en recepción, incluso bloqueado, por el proveedor de acceso correspondiente. Por ejemplo, la ruta que lleva a la red externa pasando por la pasarela de referencia se puede excluir de la distribución cuando el volumen de datos medido rebasa el volumen umbral asociado a la pasarela de referencia. Se observará además que el aumento de fiabilidad es válido tanto en emisión como en recepción. En efecto, las pasarelas pueden estar sujetas a una cuota de volumen en emisión y a una cuota de volumen en recepción.

45 Cada rúter colindante de la pasarela de referencia en la red privada puede memorizar en una memoria no volátil el volumen de datos medido.

50 En consecuencia, si se desconecta uno de los rúters colindantes, se pueden recuperar los datos medidos. Esta memorización es tanto más ventajosa cuanto más largo sea el periodo considerado; en efecto, una pérdida de datos medidos que se produzca hacia la finalización de dicho periodo sería susceptible de falsear los resultados de fiabilidad sin esta memorización.

55 La prueba de fiabilidad puede comprender además una medición, por parte de un equipo escrutador de la red privada, de una banda pasante de acceso a la red externa a través de la pasarela de referencia, de manera que la distribución realizada por el rúter depende además de la banda pasante de acceso medida.

60 Esto permite detectar y evaluar eventuales variaciones de caudal en la red de acceso del proveedor de la pasarela de acceso correspondiente, aunque también dar preferencia, en la distribución de carga realizada, a unas rutas que pasan por unas pasarelas que proponen un mejor caudal para acceder a la red externa.

La medición de banda pasante se puede realizar si se ha excluido de la distribución la ruta que lleva a la red externa ofrecida por la pasarela de referencia.

65 Esto permite mejorar la precisión de la medición al garantizar que ningún otro equipo de la red privada utiliza esta pasarela.

La prueba de fiabilidad de acceso a la red externa a través de la pasarela de referencia, puede ser realizada por un rúter colindante de la pasarela de referencia en la red privada.

5 Esto tiene como efecto evitar la penalización de la medición por la presencia de uno o varios enlaces de calidad deficiente entre el equipo que realiza la prueba de fiabilidad y la pasarela. Las mediciones realizadas junto a una pasarela resultan así todavía más precisas.

10 A este respecto, las mediciones de cuota de volumen en recepción y/o emisión pueden ser realizadas por el conjunto de los rúters colindantes de la pasarela de referencia en la red privada.

15 El procedimiento puede comprender además la determinación de una longitud, calculada en función del número de nodos de la red privada y de la calidad de cada enlace, del trayecto que conecta el rúter a la pasarela de acceso de referencia, de manera que la distribución realizada por el rúter depende además de la longitud determinada.

De este modo, se tiene en cuenta la topología interna de la red privada.

Así, el rúter que realiza la distribución podrá dar preferencia a los trayectos más rápidos.

20 La distribución se puede realizar de manera selectiva en un número máximo de dos de las rutas seleccionadas sobre la base de los resultados de la prueba de fiabilidad y de las longitudes así calculadas.

25 Esto permite distribuir más eficazmente el tráfico proveniente de un rúter eliminando las rutas cuyo caudal útil (que depende del caudal de la pasarela y de la calidad de los enlaces situados en el trayecto entre el rúter y la pasarela) sería demasiado débil.

El procedimiento puede comprender además las siguientes etapas, en las que la red privada comprende una pluralidad de rúters:

- 30
- transmisión, a un rúter maestro seleccionado de entre los rúters, de los resultados de la prueba de fiabilidad realizada para diferentes pasarelas,
 - construcción, por parte del rúter maestro, de una topología de la red privada,

35

 - difusión, por parte del rúter maestro, de los resultados de la prueba de fiabilidad y de la topología, a cada rúter de la red privada que realiza la distribución.

40 Esto permite adaptar el funcionamiento del procedimiento a un cambio de topología en la red. Además, la centralización de los datos de topología y de los resultados de las pruebas permite conseguir que la transmisión de los resultados de las pruebas resulte más fiable cuando se produce un cambio de topología del tipo mencionado en la red privada.

45 El procedimiento puede comprender además el cálculo, para cada rúter, de una prioridad asociada creciente con el número de equipos colindantes a dicho rúter en la red privada, y la elección del rúter que tenga la prioridad más elevada, como rúter maestro.

50 Esto permite escoger como rúter maestro, un rúter que tenga una posición "central" en la red privada, y, por lo tanto, reducir el consumo general de banda pasante consumido por la transmisión de los resultados de la prueba y la etapa de difusión.

La elección del rúter maestro puede comprender las siguientes subetapas realizadas por un rúter de referencia que tenga una prioridad de referencia:

- 55
- difusión de la prioridad de referencia para los otros rúters de manera repetida según un plazo de repetición predeterminado, mientras el rúter de referencia no haya recibido una prioridad de otro rúter superior a la prioridad de referencia, y
 - si el rúter de referencia no recibe ninguna prioridad de otro rúter dentro de un plazo superior al plazo de repetición, difusión, hacia los otros rúters, de un mensaje de declaración en el cual el rúter de referencia se declara rúter maestro.

60

La elección del rúter maestro se realiza durante la puesta en marcha de un rúter de la red privada.

65 Así, el rúter que se acaba de poner en marcha, si es el mejor candidato, podrá ser seleccionado como maestro en lugar y en calidad del maestro existente.

La elección del rúter maestro se puede realizar además cuando el rúter maestro recibe un mensaje que declara otro rúter de la red privada como rúter maestro.

5 Esto permite gestionar una situación de conflicto en la que dos rúters de la red privada se consideran, cada uno de ellos, como rúter maestro. Por ejemplo, esto se puede producir durante una nueva puesta en funcionamiento de un enlace de comunicación entre dos rúters de la red, cuya avería había dado lugar a la formación de dos conjuntos de rúters que seleccionan, cada uno de ellos, su propio rúter maestro.

10 En el marco de la presente invención, se propone asimismo un rúter adaptado para realizar el procedimiento de distribución de carga que se ha descrito anteriormente.

Cada uno de los rúters comprendido en la red privada según se ha descrito anteriormente, puede realizar este procedimiento.

15 **Descripción de las figuras**

Otras características, objetivos y ventajas de la invención, se pondrán de manifiesto a partir de la descripción que sigue, que es puramente ilustrativa y no limitativa, y que se debe interpretar en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 20 - la figura 1 representa esquemáticamente un rúter según un modo de realización de la invención,
- la figura 2 representa una red privada según un modo de realización de la invención, conectada a una red externa,
- 25 - la figura 3 representa de forma detallada unos equipos de la red privada RP de la figura 2,
- la figura 4 representa la topología de la red de la figura 3 en forma de árbol,
- 30 - las figuras 5 a 7 ilustran unas etapas de un procedimiento de distribución de carga según un modo de realización de la invención.

En el conjunto de las figuras, los elementos similares llevan referencias idénticas.

35 **Descripción detallada de la invención**

En referencia a la figura 1, un rúter comprende una pluralidad de interfaces de red utilizadas para dos aplicaciones diferentes, correspondiéndose la aplicación de cada interfaz con el tipo de equipo con el cual se comunica el rúter por medio de esta interfaz.

40 El rúter comprende por lo menos una interfaz de red adaptada para comunicarse con un equipo de una red privada RP, por convención representada con un cuadrado. El rúter ilustrado en la figura 1 comprende tres interfaces IF3, IF4, IF5 de este tipo.

45 El rúter comprende además, por lo menos una interfaz de red adaptada para comunicarse con un equipo de una red local que comprende uno o varios terminales (ordenadores portátiles, teléfonos, tabletas, consolas de juego, etcétera), por convención representada con un rombo. El rúter ilustrado en la figura 1 comprende dos interfaces IF1, IF2 de este tipo.

50 El rúter comprende asimismo unos medios de almacenamiento. Estos medios de almacenamiento comprenden una o varias memorias no volátiles de tipo *flash*, SSD y/o disco duro, integradas de forma permanente en el rúter y/o que se presentan en forma de una llave extraíble, tal como una llave USB.

Los medios de almacenamiento comprenden asimismo una o varias memorias volátiles de tipo RAM.

55 Los medios de almacenamiento están adaptados para memorizar también una tabla de encaminamiento que define unas rutas para transmitir datos.

60 El rúter comprende asimismo unos medios de tratamiento de datos, configurados para acceder a los medios de almacenamiento, recibir y emitir datos por medio de las interfaces de red, y para reconfigurar dinámicamente las rutas definidas en la tabla de encaminamiento.

65 El rúter está adaptado para tratar y comunicar dos tipos de datos: por una parte, recibir y emitir carga útil proveniente de un equipo de origen hacia otro equipo, y por otra parte, recibir y emitir datos de gestión para la configuración de la tabla de encaminamiento de este rúter.

El rúter es, por ejemplo, un rúter IP versión 4 (*Internet Protocol*, RFC 791), y, por ello, se le asigna una dirección IP en una red privada RP en la cual está instalado el rúter.

En referencia a la figura 2, una red privada RP comprende una pluralidad de pasarelas de acceso P1 a P5.

5 Cada pasarela de acceso P1 a P5 está en concordancia con la introducción de la presente solicitud. Así, cada pasarela de acceso P1 a P5 da acceso a una red externa RE, típicamente internet, por medio de redes de acceso respectivas gestionadas por proveedores de acceso respectivos.

10 Por convención, en lo sucesivo se considera que la red externa RE integra las diferentes redes de acceso a las cuales están conectadas las diferentes pasarelas de acceso de la red privada RP.

15 Cada pasarela de acceso es un rúter IP versión 4 (*Internet Protocol*, RFC 791) con, por una parte, una funcionalidad de traducción de puerto y de dirección, y que posee, por otra parte, una única conexión a la red externa RE. La conexión de cada una de estas pasarelas a la red externa RE se puede basar en tecnologías de transmisión física diversas (fibra, xDSL, Satélite, WiMAX...) que ofrecen, cada una de ellas, características heterogéneas (caudal ascendente, caudal descendente, fiabilidad, política de calidad de servicio, cuota de volumen...) y que pueden disponerse en puntos geográficamente muy alejados, por ejemplo, en edificios diferentes.

20 Cada pasarela de acceso posee, por ejemplo, por lo menos una dirección IP pública, y está asociada a uno o varios servidores de nombres de dominio, denominados comúnmente servidor DNS (*Domain Name System*, RFC 1034), P1 está asociada a DNS1, P2 está asociada a los dos servidores DNS21 y DNS22, P3 está asociada a DNS3, P4 está asociada a DNS4 y P5 está asociada a DNS5. Cada servidor DNS posee una dirección IP.

25 Esta asociación entre una pasarela de acceso y un servidor DNS se puede materializar, por ejemplo, mediante un almacenamiento, en una memoria interna de la pasarela de acceso, de la lista de las direcciones IP de los servidores DNS asociados a la pasarela. La pasarela está configurada entonces para comunicarse con cada servidor DNS asociado. Cada pasarela almacena típicamente en una memoria interna, y esto para cada una de sus direcciones IP públicas, una dirección IP de un servidor DNS al que unirse para que le asigne el nombre de dominio correspondiente.

30 Como variante, esta asociación entre una pasarela de acceso y un servidor DNS se puede materializar mediante la utilización de un equipo proxy (no ilustrado) comprendido en la red externa RE, siendo apto el equipo proxy para retransmitir al servidor DNS solicitudes DNS provenientes de la pasarela.

35 Los servidores DNS son conocidos por sí mismos. Se recordará simplemente que dichos servidores DNS intervienen en el marco de la transmisión de datos que procedan de la red privada RP hacia la red externa RE, y, de forma más precisa, están adaptados para determinar una dirección IP de destino a partir de una dirección de destino de nombre de dominio que recibe el servidor en una solicitud DNS procedente de otro equipo, por ejemplo, mediante almacenamiento y lectura de una base de datos que asocia direcciones IP a direcciones de nombre de dominio.

40 Cualquiera que sea el modo de asociación utilizado, una persona versada en la materia comprenderá que los servidores DNS utilizados en el marco de una transmisión de datos que proceden de la red privada RP hacia la red externa RE, podrán ser diferentes según las pasarelas de acceso por las cuales se emiten los datos en la red externa RE.

45 La red privada RP comprende dos tipos de equipos: por lo menos un rúter (en este caso una pluralidad de rúters R1 a R8) que concuerdan con la descripción que precede, y la pluralidad de pasarelas P1 a P5 de acceso a la red externa RE.

50 Cada rúter R1 a R8 de la red privada RP está conectado directamente a por lo menos otro equipo de la red privada RP, designado en lo sucesivo como equipo "colindante" de este rúter.

55 Por convención, se considera en lo sucesivo que el término "rúter" designa un equipo de la red privada RP, que es distinto de una pasarela de acceso, aunque la pasarela de acceso puede integrar una función de encaminamiento. En otras palabras, un rúter se puede conectar a otros equipos de la red privada RP (rúter(s) y/o pasarela(s) de acceso) pero no directamente la red externa RE.

60 Siempre por convención, se designará con el término "enlace" un enlace de comunicación directa entre dos equipos colindantes de la red privada RP, y, de manera más general, con el término "trayecto" una conexión entre dos equipos de la red privada RP, colindantes o no. Por tanto, un trayecto de la red privada RP comprende uno o varios enlaces.

65 Este enlace puede ser de naturaleza diversa, según la tecnología utilizada. En la red de la figura 3, los enlaces en forma de trazos continuos ilustran enlaces de tipo alámbrico (ethernet), y los enlaces en forma de trazos de puntos ilustran enlaces de tipo inalámbrico (Wi-Fi).

La longitud de un trayecto entre dos equipos de la red privada RP se referirá, en lo sucesivo, implícitamente, el número de enlaces que comprende el trayecto que une estos dos equipos, uno con otro, en la red privada RP.

5 Los diferentes rúters R1 a R8 son idénticos, es decir, que realizan las mismas funcionalidades.

En la figura 3, se han representado además terminales T1, T2, T3 conectados a la red privada RP por medio de los rúters R4, R6 y R5 respectivamente, con el objetivo de obtener un acceso a la red externa RE por medio de las pasarelas P1 a P5.

10 Ningún terminal T1 a T3 está conectado directamente a una pasarela de acceso y posee una dirección IP en la red privada RP.

15 Los terminales son, por ejemplo, ordenadores, tabletas, teléfonos, consolas de juego, localizados en un perímetro geográfico limitado o una zona (una zona exterior, un edificio) con Wi-Fi o con Ethernet en una red de tipo LAN (*Local Area Network*).

20 En el modo de realización ilustrado, los terminales T1 a T3 se conectan directamente a un rúter de la red privada RP. Puede preverse asimismo que los terminales T1 a T3 formen parte de redes locales (LAN) distintas de la red privada, y que se comuniquen con rúters de la red privada RP por medio de pasarelas dedicadas.

25 El direccionamiento IP en una red local que comprende un terminal es diferente del correspondiente RP. En cualquier caso, las conexiones TCP, UDP e ICMP de los terminales soportan una traducción de direcciones y de puerto en el nivel de los rúters de la red privada RP.

Protocolo de configuración de las tablas de encaminamiento

30 Tal como se ha mencionado anteriormente, cada rúter R1 a R8 está adaptado para transmitir una carga útil que recibe de un primer equipo hacia un segundo equipo, es decir, realizar una función de encaminamiento de datos en la red privada RP.

Cada rúter está adaptado más particularmente para transmitir una carga útil, hacia pasarelas de acceso de la red privada RP, siguiendo diferentes trayectos, llevando cada trayecto a una pasarela respectiva.

35 Cada rúter está además adaptado para comunicarse con los otros rúters de la red según un protocolo especial que tiene como objetivo la reconfiguración dinámica de su tabla de encaminamiento.

40 Este protocolo, designado en lo sucesivo protocolo de configuración dinámica, funciona por la transmisión entre los rúters de la red privada RP, de mensajes destinados a un puerto predeterminado, por ejemplo, el puerto 6603. Cada mensaje es típicamente un datagrama UDP con destino al puerto 6603. Un mensaje se puede enviar a un único destinatario (hacia una dirección IP "unicast" de la red privada RP) o se puede difundir para todos los rúters de la red (por medio de una dirección IP de tipo "broadcast" de la red privada RP).

45 Cada mensaje consta de un encabezamiento que comprende las siguientes informaciones:

- Un identificador único del rúter emisor, preferentemente de por lo menos 4 cifras, por ejemplo un número de serie único del rúter emisor.
- Un número de secuencia único que se incrementa con cada nuevo datagrama enviado, inicializándose, por ejemplo, este número a 1 en la puesta en marcha del rúter.
- Un tipo de mensaje: en el modo de realización que se expone posteriormente en la presente, este tipo de mensaje se codifica con 4 caracteres ASCII y puede adoptar los valores siguientes: ELEC, VOTE, CHGW, IFLS, NBLS, GWRS, TOPO, GWAK, GWCT.

55 En función del tipo de mensaje, se pueden añadir al mismo otras informaciones:

- ELEC: no se requiere ninguna información suplementaria.
- VOTE: un valor de prioridad del rúter emisor.
- IFLS: una lista de las interfaces del rúter emisor.
- NBLS: la lista de los equipos colindantes con el rúter emisor en la red privada RP.
- TOPO: datos de topología representativos de la red privada RP y una lista de pasarelas de acceso en la red.
- GWCH: una dirección IP de pasarela de acceso en la red privada RP.
- GWAK: una dirección IP de pasarela de acceso en la red privada RP.
- GWRS: una lista de pasarelas de acceso.
- GWCT: una lista de pasarelas y cantidades de datos consumidas correspondientes.

En el presente texto se describirá más adelante el marco de utilización de estos diferentes mensajes.

5 Cada rúter R1 a R8 está adaptado para ejecutar un programa de ordenador, este programa de ordenador comprende instrucciones para realizar el protocolo de configuración dinámica así como el encaminamiento de la carga útil.

10 A continuación, se describirán diferentes operaciones realizadas por los rúters de la red privada RP por medio de los mensajes arriba citados.

El procedimiento comprende dos fases que se pueden realizar, cada una de ellas, de manera repetida:

- A. una fase de inicialización de los rúters R1-R8 de la red privada RP;
- 15 B. una fase de reconfiguración dinámica de la tabla de encaminamiento de los rúters R1-R8 de la red privada RP;

20 Después de cada reconfiguración, cada rúter realiza una distribución de carga para encaminar carga útil en la red privada RP, especialmente con destino a la red RE, teniendo en cuenta esta reconfiguración.

A. Fase de inicialización

i) Caracterización de los enlaces de comunicación entre equipos colindantes en la red

25 La red privada RP comprende dos tipos de enlaces internos:

- enlaces entre un rúter y una pasarela de acceso colindante,
- 30 - llegado el caso, enlaces entre dos rúters colindantes uno del otro, si la red privada RP comprende varias rutas.

Cada rúter de la red memoriza las informaciones siguientes para cada una de sus interfaces conectadas a la red privada RP:

- 35 - el nombre de la interfaz,
- el estado actual de la interfaz (conectada o no conectada)
- 40 - un valor asociado al enlace de comunicación entre la interfaz del rúter y otro equipo, denominándose este valor más adelante "valor de enlace".

Este valor de enlace puede ser calculado por los rúters según la fórmula siguiente:

$$45 \quad \text{Valor de enlace} = 10000000 \cdot (\text{número de anfitriones conectados en el enlace}) / ((\text{velocidad actual de sincronización negociada}) \cdot (\text{factor tecnológico}))$$

En la fórmula anterior, el número de anfitriones conectados en el enlace puede ser superior a 1, y variable en el caso, por ejemplo, de un enlace inalámbrico. En el caso de un enlace alámbrico, el número de anfitriones vale 0 o 1.

50 El factor tecnológico tiene un valor de 1 para un enlace físico que utiliza una tecnología alámbrica de doble sentido simultáneo ("full duplex"), un valor de 0,5 para un enlace físico que utiliza una tecnología alámbrica de doble sentido no simultáneo ("half duplex"), y un factor de 0,25 para una tecnología inalámbrica.

55 La velocidad de sincronización negociada es un valor de caudal teórico negociado sobre el enlace de comunicación entre el rúter y el equipo colindante, expresado en kilobytes por segundo. Esta velocidad de sincronización negociada es, por ejemplo, igual a 102400 para el protocolo Ethernet 100BaseT o 18432 para un enlace de calidad media según el protocolo Wi-Fi 802.11g con un valor de tasa de transferencia habitual de 18 Mbits por segundo. Para un enlace de tipo inalámbrico en el cual pueden introducirse varios anfitriones, la velocidad de sincronización más baja entre todos los anfitriones conectados se escoge para el cálculo del valor del enlace.

60 El cálculo de los valores de enlaces puede ser realizado por los rúters de manera repetida en el tiempo, por ejemplo periódicamente, y/o en su puesta en marcha.

La figura 4 representa un gráfico ponderado no orientado, asociado a la red de la figura 3.

65 En este gráfico, un nodo representa un equipo de la red privada RP (rúter o pasarela). A este gráfico se le añade un

nodo ficticio, representativo de la red externa RE (en este caso "Internet") con la cual están unidas todas las pasarelas.

5 Cada arista del gráfico representa un enlace de comunicación entre dos equipos colindantes (dos nodos). Por tanto, a cada arista del gráfico se le asocia un valor de enlace correspondiente, calculado según la fórmula descrita anteriormente.

ii) Elección de un rúter maestro entre los rúters

10 En referencia a la figura 5, la fase de inicialización comprende una etapa de elección de un rúter maestro entre los rúters de la red privada RP, designándose entonces los otros rúters de la red privada RP como rúters esclavos (las funciones del rúter maestro y las correspondientes de los rúters esclavos en el marco de la reconfiguración de cada rúter se expondrán más adelante en el presente texto).

15 A continuación se toma el ejemplo de la puesta en funcionamiento del rúter R1.

En su puesta en funcionamiento, el rúter R1 se configura en un estado "de escucha" (etapa 100).

20 En su estado de escucha, el rúter R1 espera la recepción de datagramas en el puerto 6603 durante un plazo predeterminado de 70 segundos.

Si en este plazo no se recibe ningún datagrama de este tipo, el rúter R1 invita a los otros rúters de la red a participar en la elección de un rúter maestro difundiendo para todos los rúters de la red un mensaje ELEC, y se reconfigura en un estado de "elección".

25 Tras la recepción de un mensaje ELEC emitido por el rúter R1, otro rúter, por ejemplo el R2, difunde a su vez un mensaje de elección ELEC para los otros rúters, y se reconfigura en el estado de "elección".

30 Mientras se encuentran en el modo "elección" todo rúter emite, de manera repetida, en un mensaje VOTE, su valor de prioridad calculado anteriormente.

Cuando un rúter en modo de elección ya no recibe el mensaje ELEC, y no ha recibido ningún mensaje VOTE durante un plazo de 35 segundos, difunde para todos los rúters un mensaje VOTE con su valor de prioridad.

35 Cuando un rúter en modo elección recibe un mensaje VOTE emitido por otro rúter (etapa 102), compara el valor de su propia prioridad con el valor de prioridad recibido (etapa 104).

40 Si su valor de prioridad es menor que la prioridad recibida, el rúter se reconfigura en el estado de "escucha", y deja de emitir su propia prioridad de manera repetida (etapa 110). Este rúter se limita entonces a esperar a que otro rúter sea seleccionado como rúter maestro.

45 Si su valor de prioridad es mayor que la prioridad recibida, el rúter difunde un mensaje VOTE con su propia prioridad, para todos los rúters de la red privada RP (etapa 121). Puede volver a difundir su mensaje cada 30 segundos mientras no reciba ningún mensaje VOTE con una prioridad más importante que la suya.

Un rúter en modo elección mide el plazo transcurrido desde el último mensaje VOTE que ha recibido (etapa 120).

50 Un rúter que difunde en todo momento su mensaje VOTE y que ya no recibe ningún mensaje VOTE por parte de otros rúters desde hace 70 segundos se selecciona entonces como maestro. Para declararse como maestro ante otros rúters de la red privada RP, el rúter maestro difunde un mensaje TOPO (etapa 122). Esto hace que concluya la etapa de elección, en cuyo término uno de los rúters se encuentra seleccionado como maestro y los otros rúters son implícitamente rúters esclavos.

55 En lo anterior se ha contemplado un caso en el cual la elección del rúter maestro se activa por la puesta en marcha de un rúter de la red privada RP (etapa 100). Sin embargo, otros eventos pueden activar también esta elección.

60 En primer lugar, tal como se verá más adelante, cada rúter está dispuesto para descubrir los equipos de la red privada RP que son colindantes con él. Cuando un rúter "esclavo" ya no recibe ningún mensaje TOPO desde hace 70 segundos y descubre de todas maneras por lo menos un equipo colindante suplementario, entonces este rúter puede reclamar una elección tal como se ha descrito anteriormente.

65 En segundo lugar, cuando un rúter que se considera como maestro recibe un mensaje TOPO de otro rúter (fenómeno de una red dividida en dos temporalmente y que vuelve a encontrarse de nuevo totalmente conectada), el mismo puede reclamar una elección tal como se ha descrito anteriormente, con el fin de resolver esta situación de conflicto entre varios rúters que se autodeclaran como maestro.

Se observará que, en ciertas situaciones, la presencia simultánea de dos rúters es legítima (por ejemplo, cuando la red se ha dividido en dos). Se observará, por otra parte, que la elección realizada durante la unión de las dos partes de la red privada puede conducir a un maestro que no es ninguno de los dos rúters maestros precedentes.

- 5 El valor de prioridad de un rúter puede ser un valor dinámico que depende del número de equipos colindantes en estado de funcionamiento dentro de la red privada RP.

El valor de prioridad se calcula, por ejemplo, de acuerdo con la siguiente fórmula:

10 Prioridad del rúter Rx =

- 15 $10000 \cdot (\text{número de rúters colindantes a Rx})$
 $+ 5000 \cdot (\text{número de pasarelas colindantes a Rx})$
 $+ \text{las últimas 4 cifras del identificador de Rx}$
 $+ \text{peso configurado estáticamente en Rx.}$

20 En la fórmula anterior, el número de rúters colindantes se multiplica por un primer coeficiente, y el número de pasarelas colindantes se multiplica por un segundo coeficiente inferior al primer coeficiente, lo cual permite actuar de manera que el número de rúters colindantes contribuya más a aumentar la prioridad que el número de pasarelas colindantes. Un rúter que ocupa una posición central en la red tendrá entonces más posibilidades de ser designado como maestro que un rúter situado en la periferia de la red, por ejemplo, un rúter que forme un nodo extremo de la red.

25 Las últimas cuatro cifras del identificador de un rúter Rx permiten aumentar ampliamente la probabilidad de unicidad de cada prioridad, y, por tanto, disminuir los riesgos de igualdad entre las prioridades de dos rúters diferentes, lo cual es fuente de conflicto que impide una elección rápida de un rúter maestro.

30 Por defecto, el peso configurado estáticamente vale cero. Sin embargo, el hecho de configurar este peso con un valor superior a cero permite conceder una prioridad más importante a un rúter antes que a otro, independiente del número de equipo, cosa que la fórmula anterior no permitiría sin un peso no nulo.

35 En la red ilustrada en la figura 3, si se considera que el identificador de cada rúter Rx es 000x (0002 para R2, por ejemplo), y que no se ha configurado ningún peso estático con un valor no nulo, se obtienen los siguientes valores de prioridad:

Rúter	Prioridad
R1	15001
R2	15002
R3	10003
R4	10004
R5	5
R6	30006
R7	5007
R8	5008

Es entonces R6 el que se selecciona como rúter maestro en la red de la figura 3.

40 En otra variante, la prioridad es un valor constante predeterminado propio de cada rúter, memorizado por sus medios de almacenamiento.

iii) Descubrimiento de la topología de la red privada

45 El procedimiento comprende además una etapa de descubrimiento de la topología de la red (etapa 101, ilustrada en la figura 5). Este descubrimiento, utilizado durante la fase de inicialización, no se limita a esta única inicialización y se puede repetir en el tiempo.

50 Cada rúter realiza una etapa de descubrimiento de los equipos de la red que son colindantes de este rúter (especialmente las pasarelas de acceso y rúters colindantes).

55 Para descubrir sus rúters colindantes, un rúter emite cada 30 segundos sobre cada interfaz de red física conectada a la red privada RP, una trama Ethernet LLDP (IEEE 802.1AB) que tiene como dirección de destino la dirección MAC de multidifusión 01-80-C2-00-00-0E con un valor de ChasisID de subtipo 5 (*Network Address*) igual a la dirección IP del rúter en la red privada RP, un valor de PortID de subtipo 5 (*Interface Name*) igual al nombre de la interfaz de red física utilizada para enviar esta trama (por ejemplo, IF3 para R1) y un valor de TTL igual a 1.

El rúter recibe de cada vecino en estado de funcionamiento una trama LLDP correspondiente. A partir de las tramas LLDP recibidas, el rúter elabora y memoriza en sus medios de almacenamiento volátiles una lista de vecinos que comprenden las siguientes informaciones para cada equipo colindante:

- 5 - la dirección IP de este vecino en la red privada RP,
- la interfaz de red contenida en el mensaje (es decir, la interfaz de red por la cual el vecino ha recibido la trama Ethernet LLDP)
- 10 - la interfaz de red física por la cual el rúter ha recibido la respuesta LLDP
- un sello de tiempo de recepción del mensaje de respuesta LLDP.

15 Cuando, dentro de un plazo de 70 segundos, no se ha recibido ninguna trama LLDP proveniente de un equipo identificado previamente como vecino en la lista, el rúter elimina este vecino de la lista.

En la red de la figura 3, el rúter R4 descubre de esta manera sus rúters colindantes R5 y R6.

20 La lista de vecinos se completa por medio de eventuales pasarelas de Internet colindantes con el rúter.

Como configuración estática, cada rúter posee una lista de las pasarelas a la red RE directamente conectadas al rúter (por ejemplo, R3 tiene las pasarelas P3 y P4 en esta lista estática). En esta lista, para cada pasarela de Internet, se pueden suministrar las siguientes informaciones:

- 25 - la dirección IP de la pasarela de acceso en la red privada RP,
- una lista no nula de direcciones IP de servidores DNS asociados a la pasarela,
- 30 - un campo de bits representativo del tipo de conexión de la pasarela a la red externa RE, que comprende, por ejemplo, los tres 3 bits de los siguientes valores:
 - bit[0]: 0 para inalámbrico, 1 para alámbrico,
 - bit[1]: 0 para caudales asimétricos, 1 para caudales simétricos,
 - bit[2]: 0 para caudales variables, 1 para caudales estables,
- 35 - el límite máximo, en kilo-bytes, de la cuota de volumen asociada a la pasarela (significando el 0 que no hay ninguna cuota asociada a la pasarela)
- 40 - la frecuencia de nueva puesta a cero de esta cuota.

Estos dos últimos valores (límite máximo y frecuencia) se pueden copiar de valores impuestos por un proveedor de acceso a la red externa RE (por ejemplo, 30 giga-bytes por mes). Asimismo, estos dos últimos valores se pueden escoger de manera que se escale el consumo de la cuota (en el marco del ejemplo, se podría seleccionar la configuración de 1 giga-byte por día).

45 Además, para cada pasarela con cuota de volumen configurada en el rúter, este último puede guardar en sus medios de almacenamiento el sello de tiempo de la última puesta a cero de la cuota, el sello de tiempo del último registro de consumo y la cantidad de datos que se ha consumido desde la última puesta a cero.

50 Cada rúter envía un paquete "ICMP Echo" a cada una de las pasarelas de su lista estática de manera repetida, cada 30 segundos.

55 Las pasarelas que responden al paquete ICMP Echo se memorizan en la lista de los vecinos con su dirección IP, la lista de las direcciones IP de servidores DNS, las características de la conexión de Internet, las informaciones relativas a la cuota de volumen, en su caso, y la interfaz de red física por la cual se ha recibido la respuesta y el sello de tiempo de recepción de la respuesta.

60 Cuando una pasarela no ha transmitido ninguna respuesta desde hace 70 segundos, la misma se elimina de la lista de los vecinos.

El descubrimiento de colindancia lo realizan indistintamente el rúter maestro y los rúters esclavos, y se puede realizar paralelamente al proceso de elección descrito anteriormente.

65 Una vez que se ha seleccionado el rúter maestro, cada rúter esclavo envía un mensaje IFLS al rúter maestro de manera repetida, cada 30 segundos. El mensaje IFLS contiene la lista de las interfaces conectadas a RP del rúter emisor del mensaje IFLS.

Cada rúter esclavo envía asimismo un mensaje NBL5 al rúter maestro de manera repetida, cada 30 segundos. El mensaje NBL5 contiene la lista de los equipos colindantes del rúter emisor del mensaje NBL5 (rúters colindantes y pasarelas de acceso colindantes) descubiertos por medio de la etapa de descubrimiento descrito anteriormente.

5 El rúter maestro recaba por tanto mensajes IFLS y NBL5 que parten de los otros rúters de la red privada RP.

Al cabo de un cierto número de mensajes recibidos IFLS y NBL5, el rúter maestro tiene conocimiento de todas las pasarelas de acceso en estado de funcionamiento en la red, y de todos los valores de los enlaces de la red.

10 *iv) Designación de rúters escrutadores*

15 El rúter maestro seleccionado determina, para cada pasarela de acceso de la red de la cual tiene conocimiento, un rúter escrutador que tiene como función supervisar el estado de funcionamiento de esta pasarela, tal como se verá a continuación.

20 La determinación del escrutador de una pasarela dada puede ser realizada típicamente por el rúter maestro después de la recepción de varios mensajes NBL5 sucesivos que identifican esta pasarela como colindante de un mismo rúter esclavo y esta pasarela no tiene todavía (o ya no tiene) rúter escrutador.

Esto permite esperar que la topología de la red percibida por el rúter maestro se estabilice antes de designar escrutadores.

25 El rúter maestro escoge como rúter escrutador de una pasarela dada un rúter colindante de la pasarela que tiene el valor de enlace con la pasarela más pequeño.

En caso de igualdad de varios valores de enlace, el rúter maestro escoge un escrutador que ya no es escrutador de otra pasarela de acceso, o en su defecto, el rúter que tenga el identificador más grande.

30 Se observará que si el rúter maestro es colindante de una pasarela y posee el valor de enlace más pequeño con esta pasarela, se puede designar asimismo como escrutador de esta pasarela.

35 Preferentemente, un escrutador se conecta directamente de manera alámbrica (por Ethernet) a la pasarela de Internet que supervisa.

Se observará también que un mismo rúter se puede designar como escrutador de más de una pasarela de acceso.

40 El rúter maestro envía un mensaje CHGW con la dirección IP de una pasarela de acceso al rúter designado como escrutador.

El rúter repite el envío del mismo mensaje CHGW mientras el escrutador no le haya transmitido un mensaje GWAK que acusa recibo de su designación para la pasarela en cuestión.

45 Con la red ilustrada en la figura 3, se obtienen por tanto los siguientes escrutadores:

Pasarela de Internet	Rúter designado como "escrutador"
P1	R1
P2	R2
P3	R3
P4	R3
P5	R8

Para resumir los roles de los diferentes rúters designados en el transcurso de la fase de inicialización:

50 - El rúter maestro está configurado para recibir informaciones por parte de la totalidad del resto de rúters, añadir estas informaciones en forma de una topología de red, así como la lista de las pasarelas de acceso disponibles para la totalidad del resto de rúters. Por otra parte, el rúter maestro designa los escrutadores, tal como se ha visto anteriormente.

55 - Cada rúter esclavo está configurado para recabar informaciones de colindancia relativas a los equipos que son sus vecinos en la red privada RP (rúters y/o pasarelas), enviar estas informaciones de colindancia al rúter maestro, y actualizar su tabla de encaminamiento en función de una topología recibida del rúter maestro.

- Cada rúter escrutador es un rúter esclavo al que el rúter maestro ha confiado la responsabilidad de supervisar una o varias pasarela(s) de acceso de la red privada RP. Un rúter escrutador del tipo mencionado está

configurado para someter a prueba la fiabilidad de acceso a la red de Internet a través de la pasarela supervisada y para subir los resultados de dichas pruebas al rúter maestro.

B. Fase de reconfiguración dinámica de las tablas de encaminamiento

5 Se supone que se ha seleccionado un rúter maestro en la red privada RP, siendo implícitamente los otros rúters esclavos, y que se ha designado un rúter escrutador por cada pasarela de acceso.

10 A continuación se describirá más detalladamente la fase en el transcurso de la cual se reconfigura la tabla de encaminamiento de un rúter dado.

15 Esta reconfiguración se refiere a la determinación de las rutas utilizadas por un rúter dado con el fin de transmitir datos a la red externa RE a través de las diferentes pasarelas de acceso de la red privada RP, y también a la distribución de carga que se va a realizar entre estas rutas determinadas.

j) Escrutinio de las pasarelas de acceso

20 De manera general, un rúter escrutador tiene como función evaluar la fiabilidad de un acceso a la red externa RE desde la red privada RP, a través de la pasarela de acceso correspondiente.

Esta fiabilidad se refiere especialmente a:

- la disponibilidad de los servidores de DNS asociados a la pasarela de acceso escrutada,
- 25 - una banda pasante de acceso a la red externa para transmitir datos a través de la pasarela de acceso escrutada (pudiendo verse afectada esta banda pasante por una limitación aplicada voluntariamente por el proveedor de acceso, tal como se ha visto anteriormente).

30 Una vez designado para escrutar una pasarela dada (identificada en los mensajes CHGW que recibe), un rúter escrutador realiza las siguientes etapas en referencia a la figura 6.

35 Tal como se ha indicado anteriormente, el rúter somete a prueba la pasarela emitiendo un paquete *ICMP echo* ("Internet Control Message Protocol") con destino a esta pasarela (etapa 201), lo cual permite diagnosticar una puesta de fuera de servicio de la pasarela si esta última no responde a la solicitud *ICMP echo* dentro de un plazo predeterminado.

40 Cada 30 segundos, si la pasarela está continuamente en su lista dinámica de vecinos (respuesta al paquete *ICMP echo*), el rúter designado como escrutador emite dos solicitudes DNS con un plazo máximo de espera de 5 segundos entre cada solicitud para cada servidor DNS en la lista correspondiente a la pasarela (etapa 202).

Si se recibe por lo menos una respuesta dentro de los plazos, se considera que la pasarela está en un estado "inmediato funcional" y si no, en un estado "inmediato no funcional".

45 Se comprenderá aquí que estos dos estados inmediatos no se refieren a una capacidad de la pasarela en cuestión, de comunicar con otros equipos de la red privada RP (capacidad que es evaluada por la solicitud *ICMP echo*), sino que evalúan la disponibilidad de un servicio de resolución de nombres de dominio, para datos emitidos en la red externa por medio de esta pasarela.

50 La pasarela se considera que está en un estado "relativo funcional" cuando se ha constatado un estado inmediato funcional varias veces seguidas, por ejemplo, tres veces seguidas.

Cuando una pasarela se encuentra en el estado relativo funcional, cambia al estado relativo no funcional únicamente después de varios estados no funcionales inmediatos, por ejemplo dos.

55 Los dos estados relativos evalúan por tanto no solamente la disponibilidad estable a largo plazo o la ausencia de disponibilidad estable a largo plazo, de un nombre de dominio para una pasarela.

El escrutador envía a continuación un mensaje GWRS al rúter maestro, enumerando el mensaje GWRS para cada una de las pasarelas que supervisa, su dirección IP y su estado relativo.

60 Por otra parte, el rúter escrutador mide un caudal de acceso a la red privada RP por la pasarela de acceso que escruta.

65 Según una frecuencia que depende de las características de la conexión a la red de acceso de cada pasarela, el rúter "maestro" retira periódicamente una pasarela de la lista que difunde en su mensaje TOPO para todos los rúters, con el fin de obligar a los rúters a no utilizar más esta pasarela para liberar la banda pasante con vistas a realizar

una medición de la misma.

5 Cuando un rúter designado como escrutador no encuentra 4 veces seguidas una de las pasarelas que supervisa en la lista transmitida por el maestro en un mensaje TOPO, esto significa que debe realizar una medición de banda pasante de acceso a través de la pasarela (etapa 203). La metodología de esta invención se conoce por sí misma, y por tanto no se describirá adicionalmente.

10 La medición de banda pasante se reenvía durante cada mensaje GWRS, y comprende el sello de tiempo de la medición así como un valor calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Banda pasante} = 10000000 / ((\text{caudal ascendente medido en kilobits por segundo} \times 0,25 + \text{caudal descendente medido en kilobits por segundo} \times 0,75))$$

15 Por otra parte, cada rúter mide una cantidad acumulada de carga útil recibida y emitida para cada pasarela con cuota de volumen, así como el sello de tiempo de este registro (etapa 204).

20 Cada 10 minutos o como consecuencia de la supresión de una ruta hacia RE que pasaba por una pasarela con cuota de volumen, cada rúter envía al rúter maestro, un mensaje GWCT que comprende la cantidad acumulada de datos recibidos y emitidos para cada pasarela con cuota de volumen, así como el sello de tiempo de este registro. El rúter vuelve a actualizar sus contadores como consecuencia del envío de este mensaje.

Tal como se comprenderá, las etapas 201 a 204 se efectúan de forma paralela entre sí.

25 *ii) Difusión de los resultados de prueba*

Los mensajes GWRS que contienen mediciones de banda pasante y estados relativos de pasarelas, y los mensajes GWCT que contienen volúmenes de datos acumulados son recibidos por el rúter maestro.

30 El rúter maestro combina los mensajes GWCT de cada rúter con el fin de conocer la cantidad de datos consumidos para cada pasarela con una cuota de volumen. Para cada pasarela con cuota, el rúter maestro envía, cada 11 minutos, a cada rúter colindante de esta pasarela, un mensaje GWCT que comprende la dirección IP de la pasarela, así como la cantidad acumulada de datos consumidos.

35 Cuando el rúter maestro, tras una comparación, constata que se ha alcanzado o superado la cuota, la pasarela en cuestión se retira de la lista transmitida periódicamente en el mensaje TOPO y envía un mensaje GWCT a cada uno de los rúters colindantes de esta pasarela. A continuación, el rúter maestro envía un mensaje GWCT con un valor igual a 0 para la cantidad de datos cuando la cuota se vuelve a poner a cero (tiempo transcurrido).

40 Los rúters colindantes de pasarelas de Internet con cuota de volumen guardan en sus medios de almacenamiento no volátiles el sello de tiempo y la cantidad transmitidos por el rúter maestro en un mensaje GWCT. Así, estas informaciones se pueden recuperar tras una nueva puesta en marcha de los rúters, o un corte de corriente.

45 Si se alcanza la cuota, el rúter colindante que había sido designado como escrutador de esta pasarela deja inmediatamente de ser escrutador de la misma. En efecto, tal como se verá más adelante, la pasarela y no se utilizará mientras esta cuota sea superada; esto da como resultado que esta pasarela no necesite entonces un escrutador. Ahorrarse un escrutador permite limitar la transmisión de datos intercambiados en el transcurso de la implementación del protocolo propuesto.

50 Cuando la cuota se vuelve a poner a cero, el rúter maestro designa nuevamente un escrutador según el proceso que se ha descrito anteriormente.

A continuación, los datos centralizados por el rúter maestro se difunden para el conjunto de los rúters de la red privada RP.

55 Cada 30 segundos, el rúter maestro difunde un mensaje TOPO para todos los rúters, que comprende dos listas:

- una lista de rúters con, para cada uno de ellos, su dirección IP, una lista de interfaces de red físicas conectadas a la red privada RP (que tiene para cada interfaz: nombre de la interfaz y valor del enlace), una lista de vecinos (dirección IP, nombre de las interfaces de red física, tipo de rúter o pasarela)
 - una lista de pasarelas de Internet con, para cada una de ellas, su dirección IP, una lista de direcciones IP de servidores DNS, la última medición de banda pasante, el último estado relativo así como un booleano que indica si se trata o no de una pasarela con cuota de volumen.
- 60

iii) Actualización de las tablas de encaminamiento

Todos los rúters que reciben el mensaje TOPO (así como el rúter maestro) actualizan entonces su tabla de encaminamiento en función de las informaciones recibidas.

Para ello, el rúter genera un gráfico ponderado no orientado de acuerdo con la figura 4, a partir de las informaciones recibidas en el mensaje TOPO.

El peso asociado a cada arista entre un nodo de pasarela y el nodo de Internet es igual al valor de la última medición de banda pasante (tal como se ha presentado anteriormente).

El rúter aplica entonces el algoritmo del trayecto más corto de Dijkstra entre el nodo que le representa y el nodo de "Internet". Memoriza entonces el peso completo del trayecto encontrado así como la pasarela tomada. A continuación, el nodo que representa esta pasarela se retira del gráfico y se ejecuta nuevamente el algoritmo del trayecto más corto de Dijkstra.

Si se encuentra un trayecto nuevo, el rúter memoriza entonces el peso completo de este camino nuevo así como la pasarela tomada. El rúter actualiza a continuación su tabla de encaminamiento asociado a cada una de las pasarelas encontradas a la ruta hacia Internet (rutas hacia 0.0.0.0 / 0 denominadas rutas por defecto) y asociándole una métrica proporcional al peso de los diferentes trayectos.

En el modo de realización ilustrado en las figuras, los rúters conectados a RP poseen únicamente una sola ruta IP para el tránsito de los datos de un equipo a otro de la red privada RP. Esta ruta es la ruta denominada "red". Esta ruta no se modifica en el transcurso de la reconfiguración de las tablas de encaminamientos. En cambio, los mecanismos que permiten enviar los datos de un equipo a otro en la RP son competencia de la capa 2 del modelo OSI.

Por ejemplo, si el direccionamiento en RP es 192.168.1.0/24 (notación CIDR), todos los equipos (rúters o pasarelas) en RP tienen una y solamente una entrada que no se modifica nunca en su tabla de encaminamiento:

Dirección	Máscara	Gateway	Interfaz
192.168.1.0	255.255.255.0	0.0.0.0	X

Fase de encaminamiento y de distribución de carga

En lo sucesivo se describe cómo un rúter cuya tabla de encaminamiento ha sido configurada realiza una distribución de carga en la red privada RP.

En lo sucesivo se supone que los rúters escrutadores de la red representada en la figura 3 han obtenido los resultados de la prueba de fiabilidad siguientes por medio de las etapas que se han descrito anteriormente:

- el servidor DNS1 asociado a la pasarela P1 está indisponible,
- la pasarela P2 experimenta un fallo (no responde),
- la pasarela P3 y el servidor DNS3 asociado a esta pasarela P3 funcionan de manera normal, y la última banda pasante medida por su rúter escrutador tiene un valor X.
- la pasarela P4 y el servidor DNS4 asociado a esta pasarela P4 funcionan de manera normal, y la última banda pasante medida por su rúter escrutador vale X/3.
- la pasarela P5 ha alcanzado su cuota de volumen.
- el trayecto que va de R4 a P3 tiene un peso menor que el correspondiente que va de R4 a P4.

Se supone asimismo que los rúters de la red privada RP se han reconfigurado a partir del gráfico de la figura 4 y de los resultados de la prueba de fiabilidad.

Un terminal emite un conjunto de datos que tienen como objetivo establecer una nueva conexión con destino a la red externa RE, por ejemplo, el terminal T1. Se supone que este conjunto de datos contiene una dirección IP de destino, por ejemplo, 1.2.3.4.

Cada rúter de la red privada utilizado para el encaminamiento de este conjunto de datos realiza las etapas ilustradas en la figura 7.

Este conjunto de datos es recibido por el rúter R4 (etapa 301). Considerando el estado de las pasarelas

mencionadas anteriormente, como consecuencia de la última actualización de su tabla de encaminamiento, R4 posee dos rutas hacia la red externa RE, una que pasa por P3 con una métrica de 1 y otra que pasa por P4 con una métrica muy elevada. El conjunto de datos que tiene como objetivo establecer una nueva conexión presenta, por tanto, una probabilidad más importante de ser enviado hacia la pasarela P3.

5 Los datos transitan de R4 a P3 siguiendo el trayecto R4-R6-R1-R2-R3-P3.

La pasarela P3 transmite los datos recibidos de R3 en la red externa RE.

10 Los datos se encaminan a continuación hasta el equipo destinatario que tiene la dirección IP 1.2.3.4. Como respuesta, los datos emitidos por 1.2.3.4 con destino a T1 transitarán por PE y R4 de acuerdo con el mecanismo inverso.

Otras variantes de realización

15 El procedimiento según la invención no se limita al modo de realización descrito anteriormente. Las características siguientes pueden estar sujetas a variantes:

- 20 - El tipo de mensajes utilizados por los rúters escrutadores para someter a prueba la fiabilidad de las pasarelas de acceso puede ser diferente.
- Asimismo, los cálculos de peso, valores de enlaces, prioridades pueden ser diferentes.
- Los plazos predeterminados indicados anteriormente se pueden localizar en valores diferentes.
- 25 - El número máximo de rutas se puede trasladar a un valor más grande de 2.
- La política de distribución en función de las bandas pasantes medidas puede ser diferente.
- 30 - Las diferentes pruebas de fiabilidad pueden ser realizadas por otros tipos de equipos de la red privada RP que no sean los rúters que realizan la distribución de carga (por ejemplo, uno o varios equipo(s) dedicado(s)).
- Los diferentes tipos de pruebas de fiabilidad realizados para una pasarela de acceso dada pueden ser realizados por equipos diferentes de la red privada RP.

35 El procedimiento según la invención es utilizable en varios dominios.

40 El procedimiento puede servir para conectar varios edificios y sus exteriores que pertenecen a una misma organización (empresa, universidad, hospital ...), con el fin de distribuir las conexiones de Internet que llegan en dos puntos distintos o más.

45 El procedimiento también se puede utilizar en el marco de una red Wi-Fi comunitaria, con el fin de distribuir de manera inteligente las conexiones de Internet de los diferentes miembros de la comunidad ya sea en zona residencial o en una zona comercial en la que diferentes comercios pequeños de una calle o de un barrio ofrecerían un servicio Wi-Fi a todos sus clientes.

50 La invención aporta asimismo una ventaja clara incluso si el conjunto de las pasarelas de Internet están agrupadas geográficamente en el mismo lugar. Efectivamente, en lugar de delegar todo a un equipo especial de tipo "equilibrador de carga" para la gestión del tráfico entre todas las pasarelas, la invención permite protegerse contra la avería de este equipo único al hacer que el encaminamiento hacia Internet desde cada uno de los rúters sea autónomo. En efecto, gracias al procedimiento de la invención, la avería de un rúter acarrea únicamente la pérdida de las conexiones físicas que el mismo poseía en la red.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de distribución de carga dinámica en una red privada (RP) que comprende por lo menos un rúter (R1-R8) y una pluralidad de pasarelas de acceso (P1-P5) a una red externa (RE), ofreciendo cada pasarela una ruta que lleva a la red externa (RE) y estando asociada a por lo menos un servidor de nombres de dominio (DNS) que interviene en la transmisión en la red externa (RE) de datos procedentes de la pasarela, estando el procedimiento caracterizado por que comprende las siguientes etapas:
- prueba de fiabilidad de un acceso a la red externa (RE) a través de una pasarela de referencia, comprendiendo la prueba de fiabilidad una prueba de disponibilidad (202) de por lo menos un servidor DNS asociado a la pasarela de referencia,
 - distribución (302) en dichas rutas y emisión (303), por parte del rúter, de datos con destino a la red externa (RE), en función de los resultados de la prueba de fiabilidad,
- en el que la prueba de fiabilidad comprende por lo menos una de las siguientes etapas:
- emisión (201), por parte de un equipo escrutador de la red privada (RP), de por lo menos una primera solicitud de prueba con destino a cada servidor DNS asociado a la pasarela de referencia, quedando excluida de la distribución la ruta ofrecida por la pasarela de referencia si el equipo escrutador no recibe ninguna respuesta a por lo menos una de las primeras solicitudes de prueba en un plazo predeterminado,
 - emisión, por parte de un equipo escrutador de la red privada (RP), de una segunda solicitud de prueba con destino a la pasarela de referencia, quedando excluida de la distribución la ruta ofrecida por la pasarela de referencia si el equipo escrutador no recibe ninguna respuesta a la segunda solicitud de prueba en un plazo predeterminado,
 - medición (203) de un volumen total de datos emitidos hacia la pasarela de referencia en la red privada (RP) y/o de un volumen total de datos recibidos en la red privada desde la pasarela de referencia, en el transcurso de un periodo predeterminado, dependiendo la distribución realizada por el rúter del resultado de una comparación entre el volumen medido y un volumen umbral asociado a la pasarela de referencia, y/o
 - medición (204), por parte de un equipo escrutador de la red privada (RP), de una banda pasante de acceso a la red externa (RE) a través de la pasarela de referencia, dependiendo además la distribución realizada por el rúter de la banda pasante de acceso medida.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada rúter colindante de la pasarela de referencia en la red privada (RP) memoriza en una memoria no volátil el volumen de datos medido.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la medición de banda pasante (204) se realiza si la ruta ofrecida por la pasarela de referencia ha sido excluida de la distribución (302).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la prueba de fiabilidad de acceso a la red externa a través de la pasarela de referencia es realizada por un rúter colindante de la pasarela de referencia en la red privada (RP).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además la determinación de una longitud, función del número de nodos de la red privada (RP) así como del tipo y de la calidad de la conexión física del enlace tomado entre cada nodo, de un trayecto que conecta el rúter a la pasarela de acceso de referencia, dependiendo además la distribución (302) realizada por el rúter de la longitud determinada.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la distribución se realiza selectivamente sobre un número máximo de dos rutas seleccionadas en base a los resultados de la prueba de fiabilidad.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además las siguientes etapas, comprendiendo la red privada (RP) una pluralidad de rúters (R1-R8):
- transmisión, a un rúter maestro (R6) seleccionado de entre los rúters (R1-R8), de los resultados de la prueba de fiabilidad realizada para diferentes pasarelas,
 - construcción, por parte del rúter maestro, de una topología de la red privada (RP),
 - difusión, por parte del rúter maestro, de los resultados de la prueba de fiabilidad y de la topología a cada rúter de la red privada (RP) que realiza la distribución (302).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende las etapas siguientes:

- cálculo, para cada rúter, de una prioridad asociada creciente con el número de equipos colindantes a dicho rúter en la red privada (RP),

5 - elección del rúter que tenga la prioridad más elevada como rúter maestro.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la elección del rúter maestro comprende las siguientes subetapas realizadas por un rúter de referencia que tiene una prioridad de referencia:

- 10 - difusión (121) de la prioridad de referencia para los otros rúters de manera repetida según un plazo de repetición predeterminado, mientras el rúter de referencia no haya recibido una prioridad de otro rúter superior a la prioridad de referencia, y

- 15 - si el rúter de referencia no recibe ninguna prioridad de otro rúter dentro de un plazo superior al plazo de repetición, difusión (122) hacia los otros rúters de un mensaje de declaración en el que el rúter de referencia se declara rúter maestro.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 9, en el que la elección del rúter maestro se efectúa cuando tiene lugar el arranque de un rúter de la red privada (RP) y/o cuando el rúter maestro recibe un mensaje que declara otro rúter de la red privada (RP) como rúter maestro.

11. Rúter para una red privada (RP), comprendiendo la red privada (RP) una pluralidad de pasarelas de acceso (P1-P5) a una red externa (RE), ofreciendo cada pasarela una ruta que lleva a la red externa (RE) y estando asociada a por lo menos un servidor de nombres de dominio (DNS) que interviene en la transmisión en la red externa (RE) de datos procedentes de la pasarela, comprendiendo el rúter por lo menos una interfaz de red y unos medios de tratamiento de datos, estando el rúter caracterizado por que los medios de tratamiento de datos están configurados para:

- 30 - realizar una prueba de fiabilidad de un acceso a la red externa (RE) a través de una pasarela de referencia, comprendiendo la prueba de fiabilidad una prueba de disponibilidad (202) de por lo menos un servidor DNS asociado a la pasarela de referencia,
- 35 - distribuir (302) en dichas rutas y emitir (303) unos datos con destino a la red externa (RE), en función de los resultados de la prueba de fiabilidad,

en el que la prueba de fiabilidad comprende por lo menos una de las etapas siguientes:

- 40 - emisión (201) de por lo menos una primera solicitud de prueba con destino a cada servidor DNS asociado a la pasarela de referencia, quedando excluida de la distribución la ruta ofrecida por la pasarela de referencia si el rúter no recibe ninguna respuesta a por lo menos una de las primeras solicitudes de prueba en un plazo predeterminado,

- 45 - emisión de una segunda solicitud de prueba con destino a la pasarela de referencia, quedando excluida de la distribución la ruta ofrecida por la pasarela de referencia si el equipo escrutador no recibe ninguna respuesta a la segunda solicitud de prueba en un plazo predeterminado,

- 50 - medición (203) de un volumen total de datos emitidos hacia la pasarela de referencia en la red privada (RP) y/o de un volumen total de datos recibidos en la red privada desde la pasarela de referencia en el transcurso de un periodo predeterminado, dependiendo la distribución realizada por el rúter del resultado de una comparación entre el volumen medido y un volumen umbral asociado a la pasarela de referencia, y/o

- medición (204) de una banda pasante de acceso a la red externa (RE) a través de la pasarela de referencia, dependiendo además la distribución realizada por el rúter de la banda pasante de acceso medida.

FIG. 1

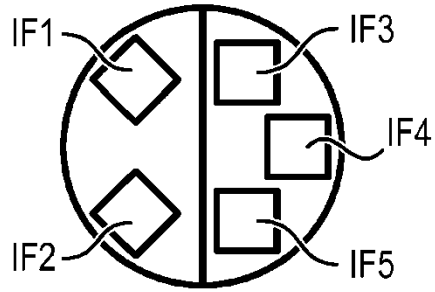


FIG. 2

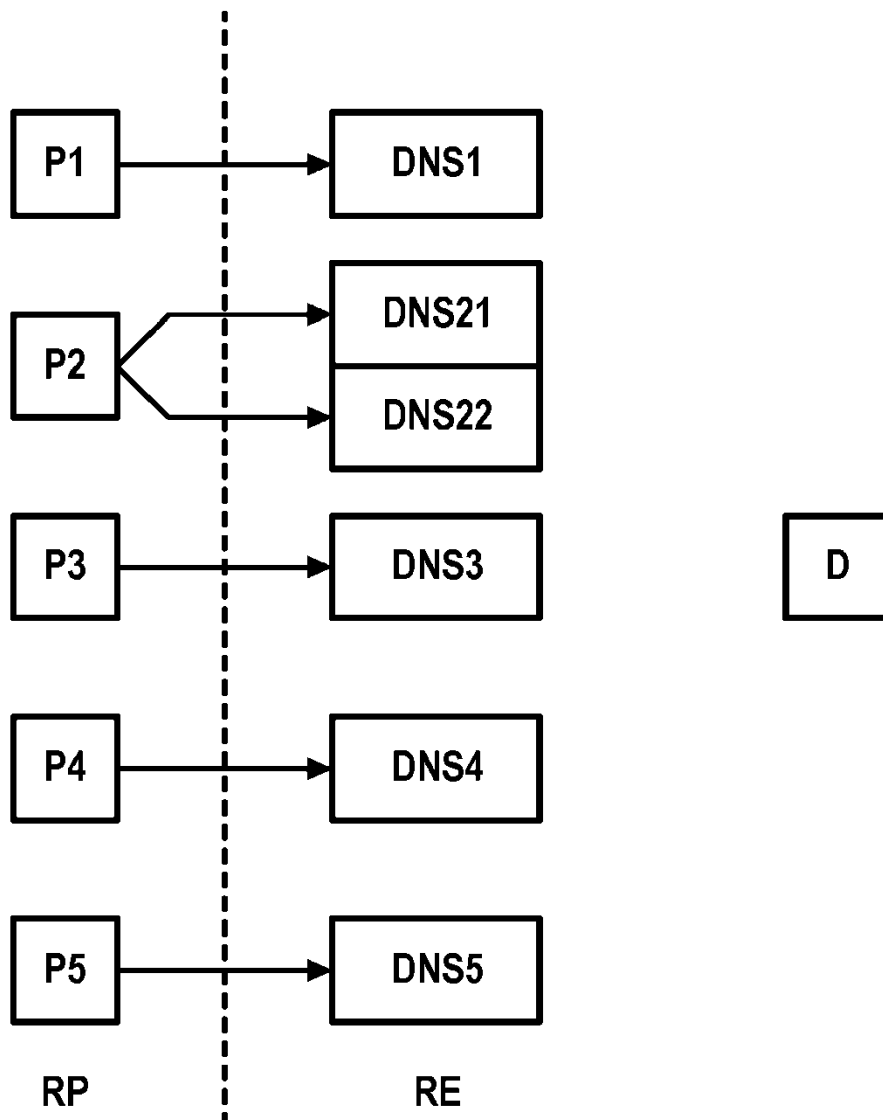


FIG. 3

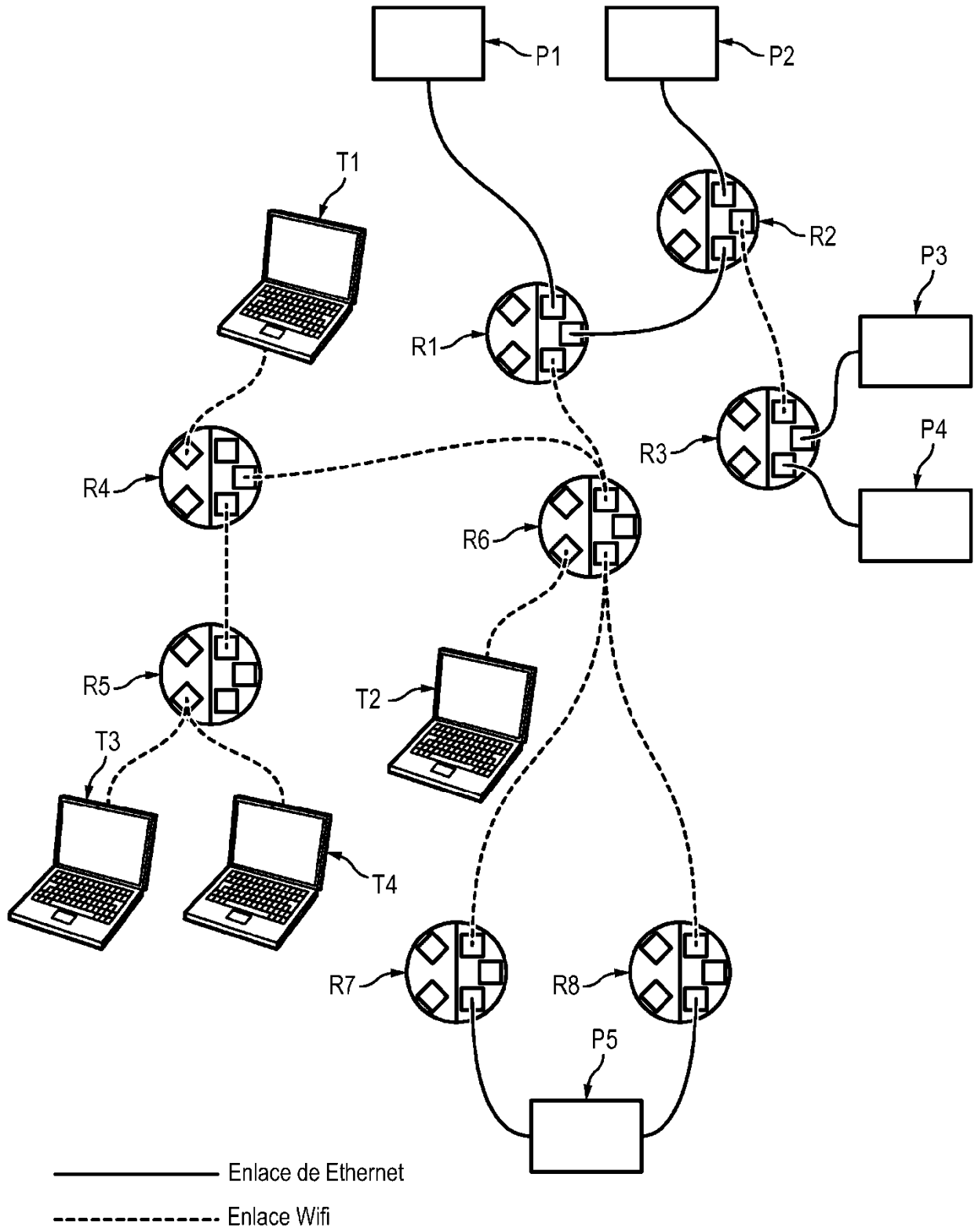


FIG. 4

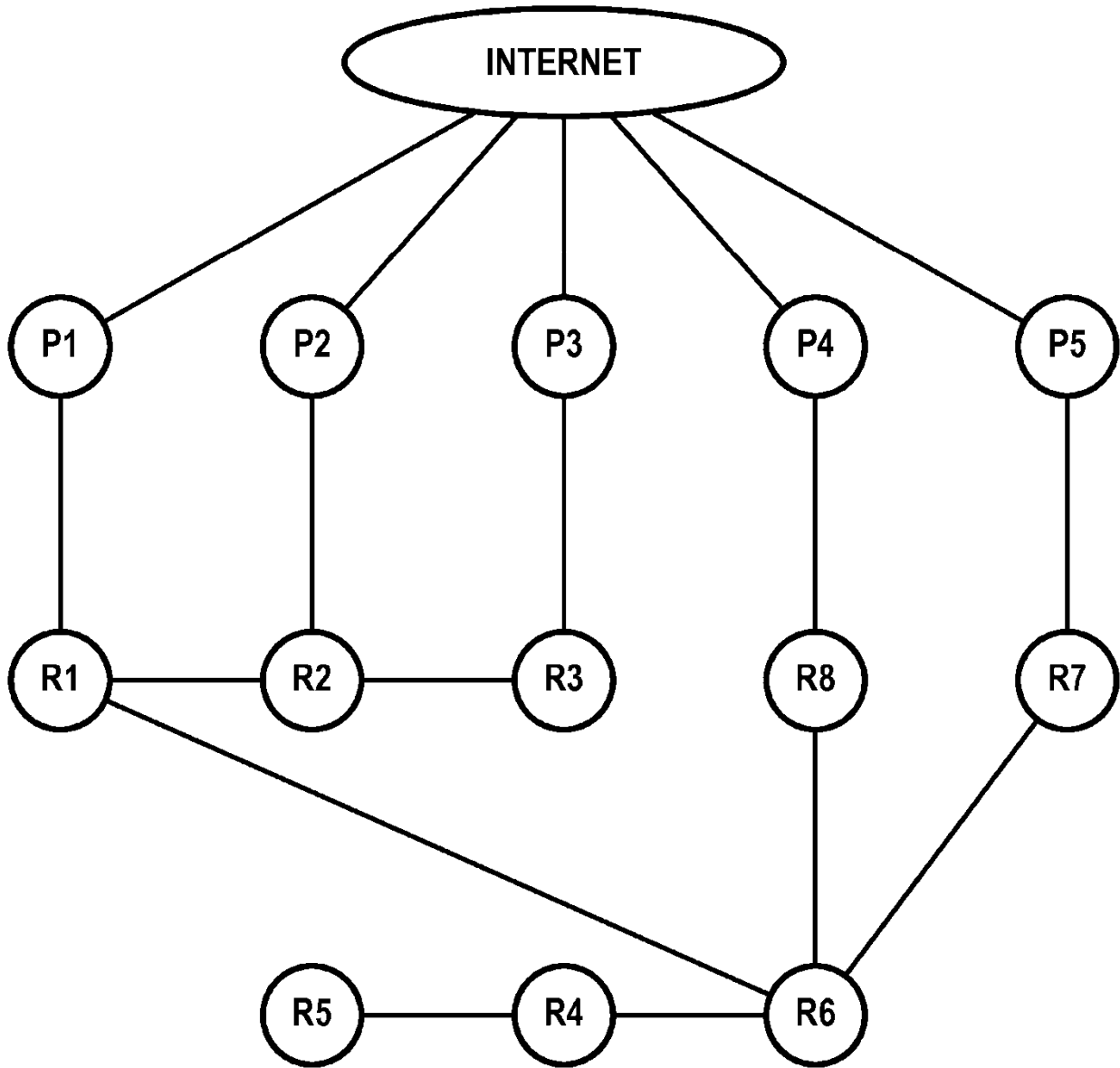


FIG. 5

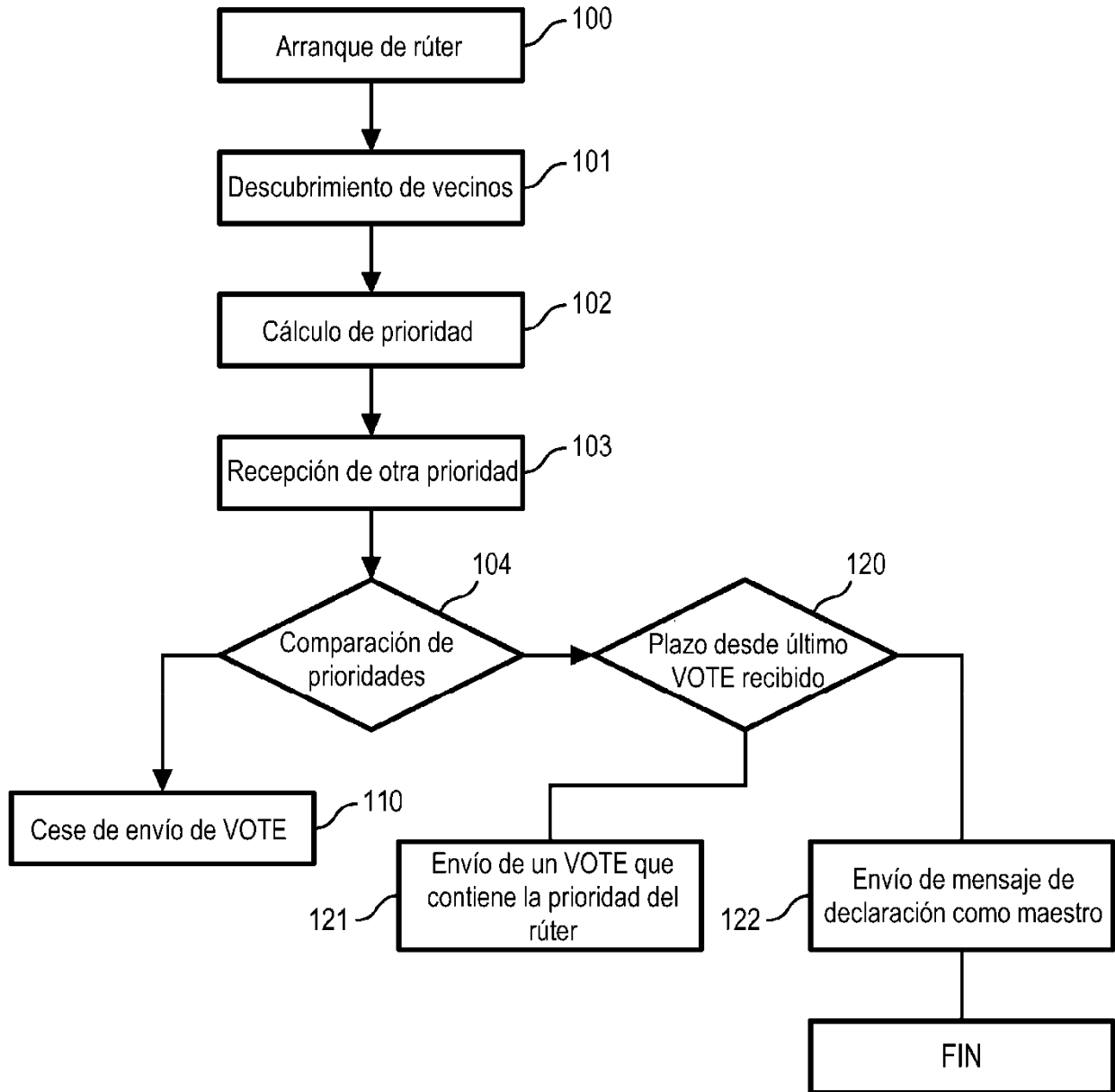


FIG. 6

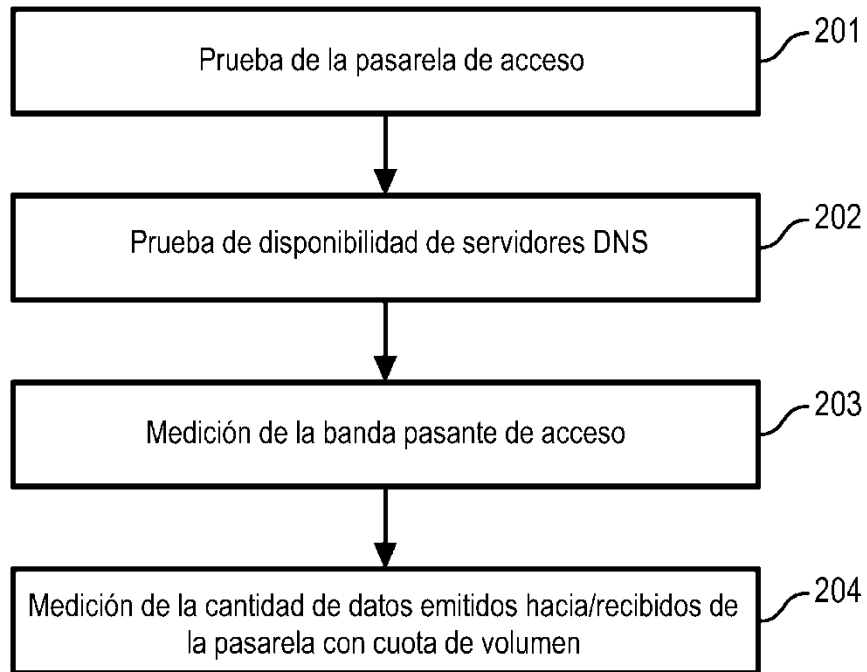


FIG. 7

