



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 337 220**

② Número de solicitud: 200702358

⑤ Int. Cl.:
H04L 12/46 (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **30.08.2007**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **21.04.2010**

Fecha de la concesión: **11.05.2011**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **23.05.2011**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
23.05.2011

⑰ Titular/es: **Universidad Carlos III de Madrid
Parque Científico de Leganés Tecnológico
Avda. de Mediterráneo, 22
28911 Leganés, Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **Azcorra Saloña, Arturo;
Ibáñez Fernández, Guillermo Agustín y
García Martínez, Alberto**

⑲ Agente: **Carpintero López, Francisco**

⑳ Título: **Procedimiento de gestión de enlaces en el nivel de enlace de datos para redes de comunicaciones, procedimiento de encaminamiento de tramas de datos, dispositivo de interconexión de redes y red que combina ambos procedimientos.**

㉑ Resumen:

Procedimiento de gestión de enlaces en el nivel de enlace de datos para redes de comunicaciones, procedimiento de encaminamiento de tramas de datos, dispositivo de interconexión de redes y red que combina ambos procedimientos.

Esta gestión de enlaces en el nivel de enlace de datos (capa 2 de OSI) comprende un procedimiento para construir un árbol de expansión jerárquico a partir de un puente de red (bridge) elegido como raíz, del que cuelga al menos un puente de red conectado a dicha raíz a través de un puerto designado y al que se asigna una dirección MAC local jerárquica (HLMAC) correspondiente al identificador del puerto designado. Las tramas con dirección de destino HLMAC se encaminan mediante un procedimiento que usa el árbol de expansión jerárquico. Todos los puentes (aquí se bautizan como puentes combinados) a los que se asigna dirección MAC local jerárquica también pueden procesar tramas con direcciones MAC universales asignadas a los terminales destino. Este árbol jerárquico se construye junto con el árbol estándar (802.1D), formando un árbol de expansión mixto que comprende tanto puentes combinados como los convencionales que operan bajo 802.1D.

ES 2 337 220 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de gestión de enlaces en el nivel de enlace de datos para redes de comunicaciones, procedimiento de encaminamiento de tramas de datos, dispositivo de interconexión de redes y red que combina ambos procedimientos.

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se encuadra en el marco de las tecnologías de la información y las comunicaciones en general, aplicándose más particularmente para las redes de área local (LAN) y metropolitanas (MAN), como por ejemplo las redes campus Ethernet.

10 **Antecedentes de la invención**

En la actualidad, las redes campus implantadas para la conexión de centros de enseñanza e investigación son redes troncales de alta velocidad (Gigabit Ethernet,...), integrando diferentes entornos y servicios (voz, datos, vídeo) en una única infraestructura IP ("Internet Protocol"), soportando distancias de transmisión que pueden ir hasta rangos idénticos a los de redes de área amplia (WAN).

Las prestaciones y economía de Gigabit Ethernet y 10 GE empujan hacia cambios importantes tanto en las redes LAN como MAN, provocados por los drásticos incrementos en ancho de banda y escalabilidad así como por la facilidad de gestión y el bajo coste respecto a los conmutadores ATM y a los equipos SDH.

A tales avances hay que sumar la creciente demanda de ancho de banda por las aplicaciones multimedia (formación multimedia on-line, videoconferencia, telecongresos, etc.), las nuevas aplicaciones asociadas a la investigación y la industria (computación distribuida, visión artificial, etc.) que exigen mayor capacidad y menor retardo en las comunicaciones y el creciente número de equipos conectados a las redes campus. De todo ello deriva la necesidad de disponer de redes campus Ethernet autoconfigurables, de altas prestaciones, escalables a grandes tamaños de red y de coste reducido.

Dada la previsible proliferación de dispositivos de todo tipo en las redes campus, los tamaños de redes que se contemplan son de hasta 100.000 dispositivos (terminales de la red) de los cuales aproximadamente 20.000 pueden ser ordenadores convencionales, siendo el resto dispositivos de diversos tipos: sensores, paneles, asistentes personales (PDA), etc. El número de puentes de red ("bridges", en inglés) típico para una red de este tipo puede ser de alrededor de 500.

El encaminamiento de las tramas en los puentes de red que se usan actualmente se deriva del definido en el estándar IEEE 802.1D. Pero para la implantación de redes de tamaño medio o grande el uso de puentes 802.1D tiene los siguientes inconvenientes:

Deben fragmentarse los dominios de conmutación para limitar la propagación de problemas tales como tormentas de tramas. Para ello, se requiere emplear encaminadores o enrutadores de nivel de red ("routers", en inglés), o bien utilizar Conmutadores Multicapa para fragmentar en subredes más pequeñas.

Hay que asignar y gestionar las direcciones IP, y la dirección IP cambia al cambiar el usuario de lugar de conexión.

Se infrutiliza mucha infraestructura costosa debido a los enlaces bloqueados por el protocolo de Árbol de Expansión (STP: "Spanning Tree Protocol", en inglés).

Quando se emplean redes LAN virtuales (VLANs), estandarizadas según IEEE 802.1Q, para separar el tráfico y los dominios de difusión dentro del dominio conmutado, es posible utilizar de forma eficiente la infraestructura, pero es necesario configurar y administrar las VLANs, así como diseñar y configurar los Árboles de Expansión según el estándar 802.1Q, para luego asignar las VLAN a los mismos.

Existen diversas propuestas para definir una arquitectura de redes Ethernet escalable y autoconfigurable, la mayoría basadas en encapsulados adicionales: 802.1ah, UETS/EFR ("Universal Ethernet Telecommunications Service/Ethernet Fabric Routing"),... Estas propuestas presentan encapsulados apilados y complejos, lo que supone una escalabilidad de granularidad gruesa debida a la ausencia de verdadera jerarquía en las propuestas, dado que se mantiene el direccionamiento plano del Control de Acceso al Medio (MAC) Ethernet.

A continuación, se exponen algunas de las deficiencias que presentan las soluciones usadas para redes Ethernet hasta la fecha:

- Conmutadores de Capa Tres o Multicapa [por ejemplo, ver Cisco LAN Switching de Kennedy Clark, Kevin Hamilton, CCIE Professional Development series, ISBN: 1-57870-094-9, Cisco Press, 2001]: Aunque no poseen capacidad de encaminamiento WAN como los encaminadores, son más simples de configurar que éstos (las desventajas de los encaminadores se resumen en: complejidad por la necesidad de administrar las direcciones IP, menores prestaciones y mayor coste para iguales prestaciones por el mayor procesamiento de los paquetes IP respecto a las tramas Ethernet). Sin embargo, para el encaminamiento LAN aún siguen precisando definir segmentos IP.

- Conmutadores con encaminamiento en origen: Aunque el encaminamiento en origen (o basado en fuente) puede considerarse obsoleto en redes fijas, es objeto de estandarización en las redes *ad-hoc* como es el caso del protocolo DSR [*The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)*], disponible en <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt>. Cuando se emplea encaminamiento en origen en redes de capa dos, como las Token Ring, un primer inconveniente es la necesidad, a diferencia de la autoconfiguración de los puentes Ethernet, de asignar la identidad de todos los Puentes y Redes Locales para mantener la transparencia, ya que deben ser siempre los puentes de red los que realicen el encaminamiento en origen, nunca los equipos terminales de la red. Un segundo gran inconveniente es la gran sobrecarga de mensajes producida por el descubrimiento de rutas; de hecho, el ancho de banda requerido crece exponencialmente con el número de puentes por LAN y el número de puertos por puentes. La trama asimismo se alarga al extenderla con la ruta explícita, la cual contiene todas las direcciones de puentes y LANs a atravesar.

- Conmutadores con encaminamiento centralizado: Aparecen como uno de los primeros antecedentes de red local autoconfigurable [*Autonet: A High-Speed, Self-Configuring Local Area Network Using Point-to-Point Links*] de M. Shoreder *et al.*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 8, p. 1318-1335, 1991]. Un inconveniente considerable de “Autonet” radica en que la compatibilidad entre los modos de trabajo Ethernet y Autonet se implementa en los ordenadores conectados como terminales, requiriendo la modificación de los mismos mediante la incorporación de un módulo (“Localnet”) situado por encima de los controladores software (“drivers”) de Ethernet y Autonet. Además, los enlaces deben ser punto a punto, con un solo terminal conectado en cada segmento de LAN.

- Conmutadores con encaminamiento distribuido (“Smartbridges”, “Rbridges” y LSOM): A diferencia de “Autonet”, los “Smartbridges” no precisan comunicación punto a punto [*SmartBridge: A scalable bridge architecture*] de T. L. Rodeheffer *et al.*, Proceedings of ACM SIGCOMM 2000, 2000], pero no son compatibles con los puentes 802.1D, no permiten incluir la velocidad del enlace como criterio de elección de caminos y precisan reinicialización global en caso de reconfiguración por cambio de topología. Los “Rbridges” (“Routing Bridges”) [ver <http://www.postel.org/pipermail/RBridge/>] no resultan escalables a escenarios de redes campus muy grandes, porque el encaminamiento basado en direcciones MAC produce tablas bastante grandes al ser direcciones planas que no permiten agregar rutas en el encaminamiento, por lo que exigen excesiva memoria y ralentiza la búsqueda en los puentes para tamaños grandes de red. Rbridges modifican la trama en cada salto entre RBridges cambiando entre otros, el campo de RBridge de siguiente salto, lo que complica el procesamiento de tramas. El encaminamiento LSOM [*LSOM: A Link State Protocol Over MAC Addresses for Metropolitan Backbones Using Optical Ethernet Switches*] por J. Duato *et al.*, Proceedings Second IEEE NCA'03, 2003] utiliza caminos óptimos, distribuye el tráfico en la red y utiliza bien la infraestructura, pero tampoco resuelve el problema de la proliferación de direcciones MAC.

- Otros Conmutadores con encaminamiento son los bautizados como “Routers” [definición en <http://en.wikipedia.org/wiki/Router>]: Son dispositivos híbridos entre un puente de red y un encaminador, pero no son compatibles con los puentes 802.1D y sufren una sobrecarga importante en el proceso para obtener las tablas de retardos por puerto.

Por otra parte, la tecnología de Árboles Múltiples De Expansión (“MSTP: Multiple Spanning Tree Protocol”) es un terreno escasamente explorado en la práctica fuera del estándar (IEEE 802.1s y 802.1Q-2003) y susceptible de optimización. El MSTP es una extensión del Árbol De Expansión Rápida (RSTP) que, a su vez, es una evolución de la primera especificación del estándar 802.1D donde se define el STP: RSTP se define en la norma 802.1w, que pasó a ser la edición del año 2004 (802.1D-2004) de la 802.1D.

El mecanismo de encaminamiento que utiliza Autonet, se denomina encaminamiento arriba/abajo (“Up/Down routing”, en inglés) y se basa en asignar un sentido a todos los enlaces de la red según la posición del vértice del enlace en el árbol de distribución: arriba, si está más cercano al Puente Raíz (el nodo del árbol que no tiene padre); hacia abajo, si es al contrario. Para ello, se asignan identificadores crecientes a los puentes partiendo del puente raíz y descendiendo nivel a nivel hasta los Puentes Hoja (los que no tienen hijos; un nodo A es padre de B si existe un enlace de A al nodo B). Los enlaces entre nodos a la misma altura reciben la orientación según la identidad del puente sea mayor o menor. Una ruta legal es la que nunca usa/atravesa un enlace en la dirección hacia arriba después de haber usado uno hacia abajo, es decir, se evitan los bucles prohibiendo los giros abajo-arriba. Un problema del encaminamiento arriba/abajo es que no garantiza rutas óptimas y resulta menos eficiente a medida que la red se hace más compleja. Otro severo inconveniente es que su rendimiento depende mucho de la elección del puente raíz.

Una evolución del encaminamiento arriba/abajo la constituyen los algoritmos basados en Prohibición de Giros (TP: “Turn-Prohibition”, en inglés) [por ejemplo, “Application of Network Calculus to General Topologies using Turn-Prohibition” de L. Starobinski *et al.*, IEEE INFOCOM 2002 p. 1151-1159, 2002]. Los algoritmos de Prohibición de Giros operan normalmente en dos fases: en la primera se define el conjunto de giros prohibidos y posteriormente se construyen las tablas de encaminamiento. La definición de los giros prohibidos consta a su vez de tres fases: construcción del árbol de expansión, etiquetado de nodos según el árbol de expansión y algoritmo de definición del conjunto de giros prohibidos. Otra propuesta posterior es el basado en árbol o TBTP (“Tree-Based Turn Prohibition Protocol”, en inglés) [ver “Scalable cycle-breaking algorithms for gigabit Ethernet backbones” de F. D. Pellegrini *et al.*, Proceedings of IEEE Infocom 2004, 2004], que referencia los giros prohibidos o no con relación al propio árbol de expansión. Este protocolo se ejecuta de forma centralizada, con los inconvenientes de indisponibilidad derivados en caso de reconfiguración de la red por caída de enlaces o puentes. La complejidad del algoritmo TBTP es de $O(N^2d^2)$

siendo N el número de nodos y d el grado máximo del grafo de la red. El rendimiento de la red con TBPT (tráfico máximo cursado) es menor que con TP.

5 Existe una versión distribuida de este protocolo, dTBTP (“Distributed Tree-Based Turn Prohibition Protocol”, en inglés [ver “Scalable, Distributed cycle-breaking algorithms for gigabit Ethernet backbones” de F. D. Pellegrini *et al.*, Journal of Optical Networking Feb. 2006, Vol. 5. No. 2., 2006] que prohíbe hasta la mitad de los giros posibles en la red. El rendimiento de dTBTP es muy inferior a TBTP si no se preordenan las identidades de puente previamente según distancia al puente raíz, lo cual se realiza asignando una identidad compuesta uniendo el coste al raíz con el identificador MAC del puente para evitar igualdad de identidades en caso de empates de coste al raíz. La convergencia es lenta requiriéndose un número alto de iteraciones del algoritmo de prohibición de giros superior a 15 y creciente con el tamaño de la red hasta cerca de 45. A ello debe unirse el protocolo de encaminamiento, basado en algoritmo de Bellman-Ford, para el cálculo de las rutas.

15 La aplicación directa de la prohibición de giros en los algoritmos de encaminamiento como el de Dijkstra no es posible de forma simple (eliminando los caminos que contienen giros prohibidos de la tabla de encaminamiento) porque entonces los caminos no son mínimos debido a que Dijkstra descubre y elige rutas mínimas de forma escalonada al ir explorando la red desde los nodos incorporados sucesivamente al descubrir la red. Algunas de las rutas mínimas descubiertas tendrán giros prohibidos y otras no. Otros métodos [“Routing in Turn-Prohibition Based Feed-Forward Networks” de M. Fiddler *et al.*, NETWORKING 2004, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3042, p.1168-1179, 2004] aplican restricciones de prohibición de giros, pero la complejidad crece desde $O(N^2)$ a $O(E^2)$, siendo N y E respectivamente el número de nodos y de enlaces.

25 Otra solución alternativa para hacer Ethernet más escalable es la del encaminamiento jerárquico RSJ (Protocolo RSTAA-STAR Jerárquico) que se propone en la Tesis Doctoral de G. Ibáñez [“Contribución al diseño de redes campus Ethernet autoconfigurables”, Universidad Carlos III de Madrid, 2005; disponible también en <http://enjambre.it.uc3m.es/~gibanez/tesisgif69.pdf>]. No obstante, las direcciones en RSJ son de longitud variable, no utilizables dentro de los campos estándar de la trama Ethernet, por lo que se realiza un encapsulado adicional de la trama en el que se incluye el campo dirección RSTAA (“Rapid Spanning Tree Based Address Assignment”). RSTAA propone direcciones asignables de longitud variable implementadas como un número variable de campos sucesivos de longitud fija, que por su longitud variable solo pueden transportarse con un encapsulado adicional de la trama. El RSJ es una extensión del protocolo STAR (“Spanning Tree Alternate Routing Protocol”) y no resuelve los bucles por caminos transversales en el árbol.

35 Una última propuesta más reciente es el conmutador del Servicio Universal de Telecomunicaciones Ethernet (UETS) descrito en ES 2246702. Los conmutadores UETS también presentan ciertas restricciones de compatibilidad con las redes Ethernet MAC universales e IP. Los puentes estándar (802.1D) no pueden coexistir de manera compatible dentro de un dominio UETS. Los dominios UETS y Ethernet son disjuntos y las tramas a la entrada se clasifican y envían hacia uno u otro dominio. Los conmutadores UETS requieren de asignación de direcciones de capa dos OSI jerárquicas y de máscaras de longitud configurable según la topología física de la red, siendo asignadas mediante gestión, lo cual supone un sistema de configuración complejo. Para obtener las direcciones Ethernet locales de los dispositivos en un dominio UETS es preciso resolver el identificador de dominio o la dirección en IP en un servidor UETS Ethernet DNS. No puede utilizarse el mecanismo ARP [definido en RFC 826 “An Ethernet Address Resolution Protocol”, 1982] para obtener dichas direcciones. Los conmutadores UETS no contemplan la utilización de difusión amplia y multidifusión (“broadcast” y “multicast”, en inglés). La única reconfiguración de enlaces posible es para los enlaces transversales, los cuales no son parte de la red jerárquica, es decir, toda la topología se supone activa, jerárquica y estable. Las direcciones UETS deben ser estables, porque el dominio de direccionamiento UETS puede ser de ámbito mundial, por tanto, no pueden depender del árbol de expansión, que al reconfigurarse modificaría las direcciones. UETS está orientado a conmutadores de tipo Banyan para máximo rendimiento que no utilizan difusión, mecanismo base del árbol de expansión. Aunque los conmutadores Banyan son muy efectivos para alto tráfico si éste está distribuido entre los puertos, el tráfico de las redes es muy centralizado por el predominio del tráfico cliente-servidor y el posicionamiento de los servidores en puntos de la red bien conectados. Para tener alta eficiencia mediante la conmutación hardware, la topología de la red debe corresponderse con la del árbol jerárquico de direcciones de puertos finales.

55 En resumen, la problemática que sigue sin resolverse hoy en día y es un fin al que la presente invención trata de dar solución, definiendo conmutadores Ethernet de funcionalidad añadida y sus protocolos de funcionamiento que permiten conservar las ventajas de los puentes de red conocidos a la vez que eliminan sus inconvenientes, es implementar redes Ethernet de alta capacidad lo más autoconfigurables posible. Asimismo, son objetivos de la invención que se describe seguidamente maximizar el uso de la infraestructura de comunicaciones, mediante el empleo de protocolos sencillos y con coste de equipos reducido, así como simplificar los procesos de configuración y mantenimiento de la red.

Descripción de la invención

65 La presente invención viene a resolver la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los diferentes aspectos comentados, concibiendo un protocolo de red del nivel de enlace de datos (segunda capa OSI) que constituye un árbol jerárquico combinado (CHT: “combined hierarchical tree”, en inglés) capaz de interoperar con puentes de red convencionales (éstos son los puentes que emplean un árbol de expansión estándar: STP o RSTP) y

ES 2 337 220 B1

que configura una topología de red en forma de árbol de expansión mixto, donde los puentes de red que soportan dicho protocolo CHT forman una red sin discontinuidad y conectan en su periferia a los puentes convencionales como subárboles.

5 El protocolo de red del nivel de enlace de datos que se propone, aquí llamado protocolo CHT y así denominado en adelante, comprende a su vez dos protocolos:

10 - Un protocolo de creación (o establecimiento/construcción) y mantenimiento (configuración y reconfiguración) de un árbol de expansión mixto (o combinado) que se forma, de acuerdo a ciertos criterios que se definen más adelante, tanto con puentes convencionales (que operan sólo según el estándar: STP o RSTP) como con puentes de red que operan según este protocolo CHT (y que así pues se denominan aquí puentes combinados). Además, este protocolo incluye la ejecución, de un proceso de asignación de direcciones MAC locales de manera jerárquica (aquí llamadas direcciones HLMAC).

15 - Un protocolo de encaminamiento y reenvío jerárquico arriba-abajo que realiza los procesos de difusión de rutas a los puentes de red vecinos (los que están conectados directamente por un enlace) y encaminamiento de las tramas cuyo destino son las direcciones MAC locales asignadas de manera jerárquica, complementando el encaminamiento estándar (802.1D), mediante diversos esquemas (encaminamiento vertical, transversal y con mecanismos de prohibición de giros) que se explican más adelante.

20 El protocolo de creación y mantenimiento del árbol de expansión mixto (que a partir de aquí y para abreviar, se designa con las siglas CSTP: "Combined Spanning Tree Protocol") consiste en una extensión del protocolo de árbol de expansión estándar (RSTP o STP), gracias a la cual es posible interoperar con dos niveles de red (uno dado por direcciones MAC universales planas y otro determinado por direcciones MAC locales jerárquicas), sin necesitar encapsulado adicional (de las tramas con direccionamiento jerárquico dentro de las tramas de direcciones MAC planas, universales o también llamadas globales).

25 Dicho protocolo CSTP opera así en enlaces punto a punto, no compartidos. Si el enlace no es punto a punto, es decir, el puente combinado está conectado por algún puerto a al menos un puente convencional o a segmentos LAN compartidos por varios terminales, dicho puente combinado opera en dicho puerto según el protocolo de árbol de expansión estándar (RSTP o STP) y encamina las tramas del mismo modo que un puente convencional.

30 La máquina de estados de CSTP es análoga a la del RSTP pero la información intercambiada es distinta. Los puentes de red que operan según CSTP envían, tomando como dirección MAC de origen una única dirección MAC de su puerto y como MAC de destino una dirección de multidifusión, y periódicamente (por defecto, cada 2 segundos) información sobre este protocolo en una trama especial (BPDU: "Bridge Protocol Data Unit"). Los campos distintos de la trama BPDU que usa CSTP respecto a la del RSTP son:

35 - el campo "Protocol Version Identifier", constituido por el tercer octeto de la BPDU estándar y utilizado en 802.1D para diferenciar STP de RSTP, aquí para distinguir CSTP de ellos; y

40 - un campo de seis octetos que se añade tras el último octeto de la BPDU estándar y que contiene un prefijo que es la dirección asignada al puerto raíz del puente de red destinatario de la BPDU; este campo, al que aquí se le da el nombre de coordenada RSTCA ("Rapid Spanning Tree Compact Address"), es usado por el puente de red origen que opera según CSTP para indicar a cada puente vecino suyo la dirección jerárquica RSTCA que se le asigna; la coordenada RSTCA se forma añadiendo al prefijo (la dirección del puerto raíz del puente) la identidad del puerto designado correspondiente, para cada puerto designado del puente por el que se conecta a cada vecino.

45 En este contexto, el puerto raíz de un puente es el que ofrece un camino de menor coste hacia el puerto raíz y el puerto designado es el que conecta el puente con otro o con un segmento de red. El puerto raíz es aquél a partir del que se establece el camino de menor coste para todas las redes conectadas al mismo; y entre todos los puentes que conectan un mismo segmento de red, un puente designado es el que se elige para transmitir las tramas hacia el puerto raíz con el menor coste (en caso de mismo coste en dos puentes del mismo segmento, el de menor identificador es el elegido como puente designado).

50 Los puentes de red que utilizan este protocolo CSTP (puentes combinados) intercambian con los puentes de red convencionales tramas BPDU estándar (según las BPDU definidas para RSTP o STP).

55 Adicionalmente, el protocolo CSTP incluye la función de direccionamiento jerárquico o asignación de coordenadas RSTCA. Alternativamente, la asignación de coordenadas jerárquicas puede realizarse asimismo de forma separada del protocolo CSTP cuando este protocolo en cada puente deja accesible a otros programas la información necesaria de los roles, estados e identidades de los puertos para que el programa externo a CSTP construya con ellos las direcciones jerárquicas equivalentes. En cualquier caso, solamente se asignan coordenadas jerárquicas a los puentes combinados (no a los puentes convencionales).

60 Los puentes combinados utilizan para el intercambio de datos el formato de trama estándar 802.1D (trama Ethernet) y, por tanto, no requieren encapsulado de tramas, logrando una mayor compatibilidad y simplicidad que otras soluciones antecedentes (UETS, etc.). Lo único diferente que la presente solución introduce en dicha trama de datos

ES 2 337 220 B1

estándar es la asignación de direcciones MAC locales de forma jerárquica. A diferencia de las direcciones RSTAA de longitud variable, las coordenadas RSTCA son direcciones compactadas en el formato estándar de direcciones MAC de 6 octetos, que hacen posible prescindir del encapsulado adicional de RSJ. Y a diferencia de las direcciones UETS, no requieren identificación explícita de la máscara aplicable en cada conmutador de la red.

Las coordenadas RSTCA consisten en direcciones MAC de longitud variable encapsuladas en el campo estándar de dirección MAC de la trama de datos estándar, el cual tiene una longitud fija de seis octetos. Una opción de realización para que esta dirección de longitud variable quede embebida en el campo estándar de dirección MAC es rellenar con ceros hasta completar los seis octetos, indicando implícitamente la longitud del prefijo de la subred. Otra opción es usar un esquema de máscaras de longitud fija, que determina la longitud en octetos de la coordenada RSTCA, es decir, indica explícitamente el número de niveles de la subred. Por ejemplo, usando 8 bits de máscara en todos los niveles de la subred a partir del segundo, permite la operación simplificada y compatible con puentes de hasta 254 puertos en los niveles 2 a 6 y de hasta 62 en el primer nivel. Además, se contempla un mecanismo adicional preventivo de unión indebida al primer nivel de un puente con mayor número de puertos activos.

El mecanismo de asignación de direcciones jerárquicas que aplica CSTP utiliza los mecanismos de construcción del árbol de expansión de RSTP (o STP). El protocolo CSTP establece el árbol de expansión de manera estándar solamente entre los puentes que operan según el mismo CSTP (los puentes de tipo combinado se llaman aquí) y relega a subárboles a los puentes de otro tipo (puentes convencionales). Una vez creado dicho árbol de expansión, cada puente combinado designado (el término puente designado se emplea en el mismo sentido que en el estándar 802.1D: es el puente que encamina el tráfico de una LAN determinada de modo que el puente designado de un segmento LAN es el designado para todos los terminales de esa LAN) emite en su BPDU (en el campo de coordenada RSTCA) la dirección jerárquica HLMAC que asigna a su puerto designado el puente vecino conectado (que recibe dicha BPDU). La asignación de direcciones jerárquicas también puede efectuarse de manera simultánea, en vez de sucesiva, al protocolo de árbol de expansión estándar usado (RSTP o STP).

El uso de este mecanismo de asignación de direcciones da lugar a la construcción de dos árboles:

- un árbol jerárquico de puentes combinados que sirve para encaminar tramas destinadas a direcciones jerárquicas MAC (HLMAC: "Hierarchical Local MAC");

- el árbol de expansión estándar (construido según el protocolo STP o RSTP) creado para encaminar las tramas destinadas a direcciones MAC globales (UMAC: "Universal MAC").

En conjunto, se forma así sin discontinuidad el árbol de expansión mixto, donde operan entre sí los puentes combinados y los convencionales, estando los puentes convencionales conectados como ramas al árbol jerárquico de puentes combinados, en forma de subárboles en la periferia del árbol de expansión mixto.

Las direcciones HLMAC son asignadas automáticamente mediante este mecanismo de asignación de direcciones que parte del puente raíz del árbol y llega hasta los nodos unidos a equipos terminales (puentes hoja), asignando bits y máscaras a los puentes de cada nivel (puentes intermedios y hojas) de acuerdo al siguiente criterio:

Los puertos de los puentes intermedios y de los puentes hoja siempre tienen asignados direcciones HLMAC y, por otro lado, los puertos de los equipos terminales tienen direcciones UMAC, asignadas de fábrica en sus tarjetas de red o NIC ("Network Interface Controller" o Controlador de Interfaz de Red, en español).

Este esquema de direcciones puede integrarse en un esquema general de direcciones si el puente de red que además actúa como pasarela a otras redes conmutadas tiene también una dirección jerárquica en su puerto o puertos de conexión a dichas redes, la cual sirve como prefijo base de las direcciones en la red de la que es raíz.

Como coinciden el árbol jerárquico con el estándar usado para la difusión de tramas con direcciones UMAC, las reconfiguraciones del árbol de expansión debidas a cambios de topología pueden acarrear modificaciones en algunas de las direcciones jerárquicas asignadas. En caso de reconfiguración del árbol de expansión, la información se transmite de la forma estándar por todo el árbol y en todas direcciones mediante BPDUs del tipo conocido como TCN ("Topology Change Notification") así como en el quinto octeto (campo de banderas o "flags") de esas BPDUs. Las direcciones jerárquicas HLMAC asignadas son borradas en todos los puertos o solamente en los puertos afectados por la reconfiguración. Hasta que los puertos designados no están en rol designado, no envían las direcciones jerárquicas válidas. Por otro lado, los procesos de reenvío del protocolo de encaminamiento se interrumpen de inmediato hasta la estabilidad del nuevo árbol de expansión y las coordenadas HLMAC. La ventaja del uso de RSTP para la asignación de direcciones HLMAC y la rapidez de la reconfiguración del árbol con RSTP es que la obtención de las direcciones actualizadas resulta muy veloz y el árbol queda reconfigurado muy rápidamente en un tiempo prácticamente igual al del tiempo de reconfiguración de RSTP.

Las direcciones globales UMAC aprendidas por un puerto en un puente combinado se borran de la forma estándar 802.1D (mediante "MAC flushing").

En todos los puertos del puente combinado se aceptan y procesan tramas con direcciones UMAC, con objeto de ser compatibles con los puentes convencionales. Los puentes combinados participan en el protocolo del árbol de

ES 2 337 220 B1

expansión estándar (STP o RSTP) de dichos puentes convencionales, intentando ser raíz del mismo. Si no pueden serlo, se convierten en puentes hoja conectados en el extremo de la red, nunca como nodos intermedios. Esto se consigue porque los puentes combinados solamente operan con su información de puerto, no con la información 802.1D recibida por otros puertos, por lo que nunca actúan como nodo intermedio difundiendo en sus BPDUs caminos hacia el puente raíz anunciados por nodos vecinos.

Otra de las ventajas diferenciales de la propuesta consiste en la compatibilidad completa con los mecanismos 802.1D de difusión y resolución de direcciones. El protocolo estándar ARP se continúa utilizando para la resolución de la dirección IP a la dirección MAC, sea ésta global (UMAC) o local (HLMAC). Las tramas con direcciones UMAC no son modificadas en los puentes combinados: todos encaminan tales tramas de forma estándar, salvo los puentes hoja; cada puente hoja conectado mediante enlace dedicado a un equipo terminal reemplaza la UMAC del terminal al que está conectado por la HLMAC asignada al puerto donde se conecta. Las tramas con direcciones HLMAC se envían inalteradas mediante un encaminamiento jerárquico. Cada puerto de un puente combinado aprende un par de direcciones HLMAC-UMAC.

En definitiva, los puentes combinados se comportan de la forma estándar 802.1D en cuanto al aprendizaje de direcciones MAC origen de las tramas que reciben, con la diferencia de que solamente se procesan de esta forma estándar las direcciones MAC globales (UMAC), de grupo de difusión amplia (“broadcast”) y multidifusión (“multicast”), mientras que las direcciones MAC locales jerárquicas (HLMAC) que se usan en el envío de datos desde un único emisor a un único receptor (“unicast”) son procesadas por el protocolo de encaminamiento que seguidamente se describe.

El protocolo de encaminamiento y reenvío jerárquico arriba-abajo (que a partir de aquí y para abreviar, se designa con las siglas HURP: “Hierarchical Up/down Routing Protocol”) intercambia/difunde información para encaminar tramas “unicast” con direcciones destino locales jerárquicas (HLMAC). Tal información se transporta en unas tramas BPDUs especiales para este protocolo HURP, cuya cabecera contiene la versión de protocolo que designa el protocolo HURP y el tipo de mensaje que se está intercambiando, contemplándose los siguientes tipos de mensajes HURP:

- Mensajes de Petición: enviado por algún enrutador recientemente iniciado que solicita información de los enrutadores vecinos.

- Mensajes de Respuesta: mensajes con la actualización de las tablas de enrutamiento y que, a su vez, pueden ser de tres tipos:

- Mensajes ordinarios: Se envían cada 1-30 segundos, según la configuración del administrador de red, para indicar que el enlace y la ruta siguen activos.

- Mensajes enviados como respuesta a mensajes de petición.

- Mensajes enviados cuando cambia algún coste de una ruta y que sólo se envían a través de las rutas en las que ha cambiado, marcándose en una tabla de encaminamiento las rutas que han cambiado recientemente.

Cada entrada a la tabla de encaminamiento que usa el protocolo HURP incluye:

• Distancias conocidas a los puentes combinados del área, refiriéndose por área al conjunto o dominio de los puentes combinados (con soporte del protocolo CSTP) interconectados sin discontinuidad mediante el árbol principal (CST: “Combined Spanning Tree”) que constituye un árbol de expansión mixto (de puentes combinados y puentes convencionales).

• Puerto de salida hacia puentes destino.

• Dirección RSTCA del puente combinado de siguiente salto hacia destino.

• Coordenada RSTAA del puente destino.

Con la misma periodicidad que se intercambian las BPDUs según el protocolo estándar, los puentes combinados envían periódicamente, aparte de las BPDUs CSTP, BPDUs con el valor correspondiente al protocolo HURP en el campo tipo de la trama Ethernet (en vez del valor 0x42 h correspondiente al protocolo de árbol de expansión estándar) y conteniendo las rutas que el puente difunde a cada uno de sus vecinos. Solamente los puentes combinados vecinos inmediatos las procesan. Los puentes convencionales (que siguen el estándar 802.1D ejecutando STP o RSTP) descartan este tipo de tramas BPDUs HURP. Transcurrido un tiempo sin escuchar tramas HURP, el puerto de un puente HURP no conectado a ningún otro puente HURP, deja de transmitir las.

El descubrimiento de los vecinos HURP complementa el conocimiento de direcciones jerárquicas que cada puente combinado tiene por formar parte del árbol de expansión creado por el protocolo CSTP. Este conocimiento debido a CSTP se limita a su puente designado (antecesor en el árbol) y a sus puentes dependientes.

ES 2 337 220 B1

La reconfiguración en una red con HURP puede producirse por una caída de un enlace de árbol. En este caso se produce reconfiguración del árbol y debe elegirse nuevo puerto designado y raíz. Se bloquean los puertos correspondientes, los cuales se habilitan una vez que se ha completado el acuerdo entre los dos puentes implicados: puerto designado del puente jerárquicamente superior y puerto raíz del puente jerárquicamente inferior conectado, dentro del árbol de expansión jerárquico. Las ramas implicadas borran las UMAC aprendidas. La reconfiguración, que se difunde a través de la red por los bits indicadores o “flags” de la BPDU de CSTP, de manera similar a RSTP, produce el borrado de las direcciones HLMAC y de las tablas de encaminamiento en todos los puentes. El borrado tanto de direcciones como de tablas puede ser total o parcial. Si el borrado de direcciones HLMAC y de rutas es solamente parcial, es preciso comunicar a todos los puentes la dirección HLMAC del puente que conectaba al enlace fallido al árbol. Al recibir cada puente la notificación de cambio de topología, borra las rutas y direcciones HLMAC y bloquea el envío de tramas de usuario hasta que se habilite al menos el árbol de expansión. Inicialmente se recomienda el borrado total de rutas y direcciones al recibir la BPDU con el cambio de topología. Por otro lado, también es posible la reconfiguración de la red provocada por la caída de un puente y, en este caso, si el puente no es puente hoja, el árbol de expansión lo atraviesa, por lo que se produce una reconfiguración similar a la descrita anteriormente, pero afectando a todos los enlaces del puente.

A diferencia del conocido protocolo RIP (Protocolo de Información de Encaminamiento: es un protocolo de puerta de enlace interna o IGP utilizado por los enrutadores para intercambiar información acerca de redes IP), el protocolo HURP opera sobre direcciones locales jerárquicas (HLMAC), que son de capa dos de OSI, en vez de sobre direcciones del nivel de red (direcciones IP: capa tres).

Otra diferencia con respecto al protocolo RIP es que el protocolo HURP usa una métrica de costes de tipo puente, tal como la recomendada por IEEE 802.1D. La métrica de un destino se calcula como la métrica comunicada por un vecino más la distancia en alcanzar a ese vecino.

El protocolo HURP admite diversas opciones del algoritmo de encaminamiento configurables que permiten ajustar el funcionamiento de forma óptima a la red o requisitos del administrador de la red.

Una opción de configuración del protocolo HURP consiste en la difusión completa de los vectores distancia incluyendo los nodos jerárquicamente superiores e inferiores. De esta forma los costes de las rutas a todos los nodos vía árbol de expansión son conocidos y comparados con los de las rutas que usan enlaces cruzados o transversales.

Una opción para reducir el número de mensajes consiste en que el protocolo HURP anuncia una ruta solamente si la métrica anunciada es menor que el doble de la distancia al puente raíz del puente que la anuncia. Las rutas pueden tener un tiempo de vida de 10 segundos. Si pasado este tiempo, no se han recibido mensajes que confirmen que esa ruta está activa, se borra.

Otra opción se deriva de que el anuncio de direcciones HLMAC, de tipo prefijo, permite asimismo la reducción opcional de mensajes por anunciar implícitamente rutas agregadas en forma de subárboles completos y sus subárboles alcanzables, si bien la distancia anunciada no coincidirá exactamente con la del terminal destino, por lo que son necesarios criterios y parámetros opcionales a configurar o asumir por defecto para la estimación de la distancia restante hasta el destino final en función de la diferencia de niveles jerárquicos entre el destino final y la ruta anunciada. Esta opción tiene importancia dado que en las redes Ethernet actuales, dada su alta velocidad, la métrica o distancia relativa entre ruta vía árbol de expansión o alternativa puede ser secundaria frente a la ventaja principal de una mayor utilización de la infraestructura de red.

Una diferencia más del protocolo HURP comparado con RIP es que HURP aplica por defecto un encaminamiento a través del árbol jerárquico construido por CSTP (el árbol formado por todos los puentes combinados, con las direcciones HLMAC asignadas) y aprovecha así el direccionamiento jerárquico para disponer siempre de ruta por defecto en caso de reconfiguración o fallos de encaminamiento. Asimismo permite opcionalmente reducir el número de rutas intercambiadas. Es decir, HURP encamina por las ramas transversales de manera complementaria al árbol jerárquico, sólo cuando las rutas transversales son ventajosas (su coste calculado es menor o igual que la ruta por defecto a través del árbol jerárquico o de una estimación de dicho coste). Por lo tanto, el anuncio de rutas transversales por el protocolo HURP está condicionado a la probabilidad de que la ruta anunciada sea ventajosa o al menos equivalente a la ruta por el árbol jerárquico.

Las rutas difundidas a cada vecino pueden diferir para satisfacer las siguientes condiciones:

- Condición de Horizonte Dividido: No difundir al vecino las rutas aprendidas de él.
- Condición de Giros prohibidos: No difundir al vecino rutas que supongan un giro prohibido en la red al ser utilizadas por dicho vecino.

Son posibles diferentes esquemas en cuanto a la difusión que puede hacer el protocolo HURP de rutas alternativas a las intercambiadas del árbol de expansión. Una alternativa de realización de la difusión de rutas consiste en que cada nodo, antes de difundir la ruta a un vecino, al igual que con el horizonte dividido, suprime del anuncio las rutas cuyo siguiente salto supone un giro prohibido desde el nodo receptor de la ruta (yendo a través del nodo que anuncia la ruta). Esto elimina las rutas posibles a algunos nodos, pero resulta en un mejor compromiso, preferible a anunciar todas las

ES 2 337 220 B1

rutas y que, llegada la trama al nodo, encuentre el giro de su siguiente salto como prohibido y tenga que ascender por el árbol, utilizando en la práctica una ruta más larga. Este mecanismo de ascenso por el árbol en ausencia de ruta es importante para la robustez del encaminamiento.

5 Las similitudes de HURP con el protocolo RIP son los tipos de mensaje definidos (mensaje de petición y los distintos tipos diferenciados de mensaje de respuesta) y que las rutas a subredes se difunden a cada vecino (como se hace actualmente en la versión RIPv2). En el caso de HURP, las rutas vienen representadas por los subárboles que se agregan jerárquicamente con arreglo a las coordenadas RSTAA y tienen significado topológico.

10 Puesto que el protocolo HURP se basa principalmente en el algoritmo de vector de distancias usado por el protocolo RIP, esto lo diferencia del protocolo RSJ usado en UETS y que está inspirado en el protocolo STAR citado en los antecedentes.

15 Las propiedades de jerarquización de HURP mejoran la escalabilidad y su algoritmo de vectores distancia favorece la simplicidad y robustez. Otras ventajas de este protocolo son que permite utilizar enlaces entre puentes combinados que no forman parte del árbol de expansión (i.e., enlaces transversales), cuando su coste es inferior al coste exacto o estimado del camino por el árbol de expansión, permitiendo la utilización completa de la infraestructura de red. Además, los enlaces redundantes entre puentes de un nivel y los del inmediato superior e inferior, que normalmente son desactivados por el protocolo de árbol de expansión, pueden ser utilizados por HURP aumentando el rendimiento y utilización de la red. Otro beneficio es que HURP usa una tabla jerarquizada en vez de una tabla de distancias plana, lo que permite disponer de rutas alternativas de forma simple.

20 El protocolo HURP puede operar aplicando diversos mecanismos de encaminamiento: vertical, transversal a puente vecino y transversal distante, que se definen como sigue.

25 El encaminamiento vertical que realiza HURP por defecto utiliza el árbol jerárquico de direcciones creado: la trama se encamina desde el terminal origen hacia arriba hasta alcanzar, si es posible, un puente cuya dirección es el prefijo común a las direcciones HLMAC origen y destino. La dirección del puente combinado donde el protocolo HURP debe realizar el giro de arriba hacia abajo se obtiene extrayendo el prefijo común entre las direcciones HLMAC origen y destino. Si no existe este último prefijo común, la trama asciende hasta el puente raíz del árbol (que siempre es un puente combinado) y desciende por la rama correspondiente hasta su destino. Este encaminamiento vertical sigue pues las pautas del protocolo estándar STP, pero sin necesitar difusión de las tramas ni aprendizaje de las direcciones MAC empleadas (jerárquicas).

30 El encaminamiento transversal a puente vecino se produce cuando existe un enlace entre dos puentes que no pertenece al árbol de expansión, es decir, si hay un enlace transversal que une un puente con uno vecino, HURP puede encaminar la trama de usuario recibida, al llegar a uno de estos puentes, a través del enlace transversal con el vecino. Este enlace o camino transversal se usa sólo en caso de que la distancia calculada para esa ruta transversal sea menor o igual que la distancia a través del puente raíz (esta última es la distancia de la ruta que se usa por defecto, según el encaminamiento vertical).

35 También es posible otra forma de encaminamiento transversal de una trama, que se denomina encaminamiento transversal distante, cuando hay puentes intermedios que unen mediante enlaces transversales el origen y destino de la trama. La utilización de vectores distancia permite calcular las rutas óptimas a los puentes y determinar si son vía árbol o por enlaces transversales.

40 Adicionalmente, el protocolo HURP utiliza mecanismos de prohibición de giros para evitar los bucles de tramas debidos a inconsistencia temporal de las tablas de encaminamiento creadas en los puentes combinados. La utilización de las coordenadas jerárquicas RSTCA para el control de los giros evita la necesidad de ejecutar un algoritmo en la red que determine los giros permitidos y prohibidos, realizándolo cada nodo de forma independiente a partir de su dirección RSTCA, los nodos anterior y siguiente de la ruta y las direcciones origen y destino de la trama en algún caso. Los puentes impiden ejecutar los giros prohibidos a las tramas de usuario aunque la ruta que tienen en tabla sea óptima.

45 Puesto que el protocolo HURP asigna las identidades de nodo mediante el protocolo estándar de árbol de expansión, la identidad del nodo/puente raíz es siempre la menor, lo que garantiza una efectividad alta en la prohibición de giros.

50 El direccionamiento jerarquizado del protocolo HURP le confiere, frente al encaminamiento arriba/abajo clásico, mayor capacidad de discernir entre los tipos de giros, introduciendo el concepto de enlace horizontal, permitiendo algunos giros que el encaminamiento arriba-abajo up/down prohíbe, como son los giros horizontal-arriba (estos últimos serían considerados abajo-arriba y, por tanto, giros prohibidos si no se utilizaran direcciones jerárquicas para identificar los puentes combinados). Se entiende por enlace horizontal (o transversal), el que va de un nodo a otro del mismo nivel en el mismo árbol de expansión.

65 Gracias a esto es posible reducir los giros prohibidos a giros abajo-arriba estrictos y horizontal-horizontal permitiendo los giros horizontal-arriba. De esta manera, mientras que en HURP cuando el primer enlace es transversal se permite el giro, en el encaminamiento arriba/abajo clásico, donde el giro solamente puede ser arriba-abajo o abajo-arriba, el giro resulta estar prohibido en la mitad de los casos. Por otro lado, HURP permite establecer mecanismos de

ES 2 337 220 B1

encaminamiento arriba/abajo más complejos que en el clásico, tales como encaminar hacia la rama del árbol de expansión destino en vez de al nodo destino estrictamente, lo que aumenta su flexibilidad y robustez de encaminamiento.

5 Las principales diferencias del protocolo HURP con respecto al encaminamiento “jerárquico” que existe en UETS son:

- El protocolo “jerárquico” de UETS es el conocido como “micro-routing” (encaminamiento clásico basado en tablas entre puertos unidos por enlaces que no pertenecen a la topología jerárquica). En UETS se usa en conmutadores aplicables a diversas topologías arbitrarias de red mediante la combinación de la conmutación Banyan (con arquitectura multietapa “self-routing”) y el denominado “micro-routing” utilizado en las líneas de conexión transversales de la red.

10 - En UETS se contempla un conmutador único en los casos más simples, que opera de una forma combinada, pero entre redes disjuntas: una red formada por los puentes especiales de UETS y otra red de puentes convencionales 802.1D.

15 - En el aquí llamado árbol jerárquico combinado (CHT) el encaminamiento por las ramas jerárquicas utiliza tanto el árbol de expansión (STP ó RSTP), para tramas con MAC destino global (UMAC), como el protocolo jerárquico (HURP), para tramas con MAC destino local jerárquica (HLMAC).

20 El problema de interoperabilidad de entre los dos dominios de direcciones Ethernet (Ethernet estándar y UETS) se resuelve aquí mediante un escenario totalmente compatible donde co-existen puentes de red que utilizan la pila de protocolos TCP/IP/Ethernet estándar en redes mixtas 802.1D con puentes combinados de funcionalidad simultánea 802.1D y Ethernet jerárquica. El protocolo CHT construye un árbol con los puentes combinados al que se conectan árboles de expansión estándar 802.1D, formando por tanto un árbol de expansión estándar extendido. Solamente cada puente raíz de un árbol de puentes convencionales puede unirse a un árbol jerárquico como el que existe en UETS, por lo que se unen completamente como subárboles, de 1 a N puentes cada subárbol. Se utiliza el árbol de expansión en el dominio UETS, no empleado en el modo nativo UETS, combinando regiones UETS y 802.1D libremente mezcladas, siempre que el árbol UETS no se fragmente, en cuyo caso se toman tantas regiones como número de subárboles UETS. Los “árboles gruesos” Ethernet de agregación de tráfico (“fat tree”, en inglés), con tasas de transmisión de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps y 10 Gbps son más efectivos que las redes en malla convencionales para tráfico de agregación, por lo que esta topología de árbol presenta alta eficacia.

30 Los dos protocolos descritos, CSTP y HURP, pueden implementarse como uno solo o bien de forma separada. En el caso de implementarse como uno solo, las funciones de creación y mantenimiento del árbol de puentes combinados, asignación y reasignación de direcciones HLMAC y encaminamiento se integran funcionalmente entre sí, lo que permite variantes de funcionamiento y encaminamiento más integrado.

35 Otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de interconexión de subredes (el aquí llamado puente combinado) que opera en el nivel de enlace de datos (capa 2) según el protocolo de red que crea el árbol de expansión mixto descrito anteriormente. Este dispositivo constituye un puente de red que es autoconfigurable y se basa en el funcionamiento de sus puertos en al menos dos modos, simultánea o alternativamente: en modo estándar como puente convencional (802.1D) y en modo jerárquico operando mediante el protocolo HURP. Opcionalmente, puede añadirse un tercer modo de funcionamiento que incluye encaminamiento del Protocolo de Internet (IP). Este dispositivo de puente de red es pues interoperable con funcionalidad extendida de: conmutador Ethernet transparente, de conmutador/enrutador basado en direcciones jerárquicas locales Ethernet y enrutador basado en direcciones IP.

40 Un aspecto más de la invención se refiere a una red conmutada con uno o más dispositivos de interconexión de subredes que constituyen los puentes de red combinados propuestos y a la que se puede añadir al menos un puente de red convencional que opera exclusivamente según el protocolo estándar 802.1D.

Resumidamente, las ventajas de la invención sobre el estado de la técnica anterior son:

45 - Frente a UETS, MSTP y la propuesta de IEEE en el año 2005 bajo el nombre “Shortest Path Bridging” (http://www.ieee802.org/802_tutorials/july05/nfinn-shortest-path-bridging.pdf): el protocolo CHT y, por tanto, el puente combinado que se propone es autoconfigurable.

50 - Frente a MSTP, “Shortest Path Bridging” y enrutadores: el puente combinado tiene una estructura simple y su construcción resulta económica, pues usa hardware estándar y es migrable vía software.

55 - Frente a 802.1D: los puentes combinados hacen una completa utilización de la red sin enlaces deshabilitados, mediante el uso de los enlaces transversales en el encaminamiento transversal jerárquico.

60 - Frente al encaminamiento arriba-abajo clásico: el direccionamiento jerárquico que usa la invención permite un encaminamiento más preciso y evita bucles de una forma más simple, prohibiendo los giros abajo-arriba y permitiendo saltos de un puente a otro con un prefijo menor.

65 - Alta escalabilidad sin uso de encapsulado adicional de tramas.

ES 2 337 220 B1

- Mantenimiento de los mecanismos estándar de difusión (“broadcast”) y multidifusión (“multicast”) 802.1D en capa dos de OSI.
- Compatibilidad con el protocolo ARP estándar para la resolución de direcciones IP a jerárquicas UMAC; frente a UETS que precisa servidores de nombres eDNS (“Enhanced Domain Naming System”).

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de esta descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una representación esquemática de un ejemplo de red de telecomunicaciones, donde los nodos del árbol representan puentes de red y los enlaces de conexión entre nodos representan los posibles caminos establecidos.

La figura 2.- Muestra una representación esquemática del árbol de expansión CST que, partiendo de la red de la figura anterior, se crea según una realización preferida de la invención.

La figura 3.- Muestra el formato de una trama BPDU usada por el protocolo de creación y mantenimiento de un árbol de expansión, tal como el de la figura anterior, de acuerdo a una realización preferida de la invención.

La figura 4.- Muestra un ejemplo de asignación jerárquica de direcciones en el árbol de expansión creado según una realización preferida de la invención.

La figura 5.- Muestra un ejemplo de resolución de direcciones mediante el protocolo ARP en el árbol de expansión jerárquico creado según una realización preferida de la invención.

La figura 6.- Muestra el formato de una trama BPDU, conteniendo información de rutas, usada por el protocolo de creación y mantenimiento de un árbol de expansión, tal como el de la figura anterior, de acuerdo a una realización preferida de la invención.

La figura 7.- Muestra un diagrama de bloques del proceso de reenvío de tramas que se ejecuta en un puente combinado según una realización preferida de la invención.

La figura 8.- Muestra un ejemplo de encaminamiento de tramas en el árbol de expansión, creado según una realización preferida de la invención, usando los enlaces (verticales) establecidos por defecto en dicho árbol.

La figura 9.- Muestra un ejemplo de encaminamiento de tramas en el árbol de expansión, creado según una realización preferida de la invención, usando los enlaces (transversales) que no pertenecen a dicho árbol entre nodos vecinos.

La figura 10.- Muestra un ejemplo de encaminamiento de tramas en el árbol de expansión, creado según una realización preferida de la invención, usando los enlaces (transversales) que no pertenecen dicho árbol entre nodos intermedios vecinos.

La figura 11.- Muestra un ejemplo de encaminamiento de tramas en el árbol de expansión, creado según una realización preferida de la invención, usando prohibición de giros.

Descripción detallada de la invención

Puede describirse una realización preferida de la invención como un protocolo de red del nivel de enlace de datos o capa dos, aplicable a una red de telecomunicaciones, como puede ser una red campus, representada en la Figura 1 mediante un árbol o grafo, donde los nodos en blanco corresponden a puentes de red convencionales, configurados bajo el estándar 802.1D, mientras que los nodos en gris son puentes de red que operan mediante el protocolo que aquí se propone y denominados para su distinción respecto a los convencionales como puentes combinados. Este protocolo de capa dos, designado para abreviar por las siglas CHT antes explicadas, a su vez, comprende dos protocolos:

- Protocolo CSTP: protocolo de creación y mantenimiento de un árbol de expansión mixto compuesto por puentes convencionales y puentes combinados.

- Protocolo HURP: protocolo de encaminamiento y reenvío jerárquico arriba-abajo.

Conceptualmente, un puente combinado puede verse como un encaminador de tramas con direcciones Ethernet locales jerárquicas que incorpora la funcionalidad estándar de un puente convencional.

En la red ejemplo de la Figura 1, se muestran una serie de puentes combinados (R, B1, B2, B3, B4,...) de la que es elegido un puente raíz (R) suponiendo que, por configuración de la prioridad de los puentes, convencionales y

ES 2 337 220 B1

combinados, el puente R es el que posee un menor prefijo o número de identidad del puente de toda la serie. A partir de dicho puente raíz R se construyen, según se muestra en la Figura 2:

5 - el árbol de expansión estándar 802.1D, formado por los nodos conectados por enlaces representados con línea fina, y

- el árbol de expansión de los puentes combinados, formado por los nodos en gris conectados por enlaces representados con línea gruesa.

10 Los enlaces entre nodos representados en la Figura 2 con línea discontinua corresponden a caminos bloqueados por el protocolo estándar 802.1D, mientras que los representados con línea punteada son enlaces que sirven como caminos útiles para el protocolo de encaminamiento de los puentes combinados. En este árbol de expansión mixto formado, los puentes combinados pueden emplear todos los enlaces que les interconectan para encaminar tramas, además de los caminos del árbol jerárquico construido exclusivamente con dichos puentes combinados. En las hojas
15 del árbol de expansión mixto sólo hay nodos que operan en modo estándar, ya sean puentes convencionales o ya puentes combinados funcionando según el protocolo 802.1D, dibujados estos últimos en la Figura 2 como nodos grises con un círculo interior en blanco, por ejemplo, es el caso del puente combinado B4.

20 Los puentes combinados manejan el formato de trama Ethernet estándar, sin necesitar encapsulado, dentro de la cual los campos de dirección MAC destino y dirección MAC origen son conforme al estándar 802.1D, estando definido cada campo por 48 bits agrupados en 6 octetos, según se ilustra con un ejemplo en la siguiente tabla:

Número de octeto	0	1	2	3	4	5
Representación binaria	00110101	01111011	00010010	00000000	00000000	00000001
Representación hexadecimal	AC	DE	48	00	00	80

En el primer octeto, número 0, de la dirección MAC, el estándar 802.1D establece que el primer bit transmitido en la red indica:

40 si el valor es cero, que se trata de una dirección individual o "unicast";

si el valor es uno, que se trata de una dirección de grupo o "multicast".

45 En el primer octeto, número 0, de la dirección MAC, el estándar 802.1D establece que el segundo bit transmitido en la red indica:

si el valor es cero, que se trata de una dirección universal o global;

50 si el valor es uno, que se trata de una dirección local.

Dentro de la trama Ethernet estándar, el protocolo CHT hace una asignación de las direcciones MAC origen y destino locales de forma jerárquica según una de las siguientes dos alternativas:

55 a) Sin longitud explícita de prefijo: El primer bit transmitido en la red contiene el valor estándar para direcciones individuales y el segundo bit contiene el valor estándar para direcciones MAC locales. Se usa la identidad de puerto cero para indicar la terminación de la dirección jerárquica dentro de los 48 bits de la dirección MAC, por lo que empezando por la derecha en la siguiente tabla los octetos a cero indican que la dirección es más corta que los 6 octetos disponibles para niveles de direccionamiento; son pues octetos cuyo valor no tiene significado de dirección:

Número de octeto	0	1	2	3	4	5
Representación binaria	01 000101	10001100	00110011	11000011	00111100	00000000

ES 2 337 220 B1

En la tabla anterior se representa la dirección MAC de valor 5.140.51.195.60, que corresponde a un direccionamiento de cinco niveles, por lo que el último octeto, correspondiente a un nivel 6 se pone todo a cero. El primer octeto tiene los dos primeros bits asignados con los valores estándar comentados y los restantes bits se usan para un nivel 1 de la dirección MAC. Esta alternativa ofrece mayor sencillez de direccionamiento y mayor rango, aunque modifica la equivalencia de las identidades de puerto del protocolo 802.1D, rango que comienza en cero. Por ello, se aumenta en uno para obtener la identidad de puerto equivalente en el protocolo CHT y se reduce una unidad el número de puertos máximo por puente de red a 255 puertos, es decir, se usa el rango 1-255 en vez de 0-255.

b) Longitud explícita: En el primer octeto, tras el primero y el segundo bits transmitidos indicando que se trata de una dirección individual y dirección MAC local respectivamente, se utiliza los 3 siguientes bits de dicho primer octeto para indicar el número de niveles o longitud en campos de la dirección jerárquica, provyendo de 0 a 7 niveles disponibles. El resto de bits, bit cuarto a octavo, del primer octeto se usan como nivel 1 de la dirección MAC local. En este caso el número máximo de puertos en los conmutadores se limita a 256, en el rango de 0 a 255, de forma general y, de forma particular, a 8 puertos en el primer nivel o nivel 1. La ventaja es que el número de niveles es fácilmente configurable. Un ejemplo de esta alternativa se da en la siguiente tabla:

Número de octeto	0	1	2	3	4	5
Representación binaria	<u>011011</u> 01	100011 00	001100 11	110000 11	001111 00	000000 00

En la tabla anterior se representa la dirección MAC de valor 5.140.51.195.60, con cinco niveles, por lo que en el primer octeto se especifica que la longitud es 5 en un campo longitud de dirección formado por los bits subrayados en la tabla.

El mecanismo de asignación jerárquica de direcciones aprovecha la construcción del árbol de expansión estándar, de forma que el protocolo de árbol de expansión STP/RSTP se extiende incorporando tras el último octeto de una BPDU estándar 6 octetos más, que contienen el prefijo o dirección del puerto raíz del puente destinatario de la BPDU. La Figura 3 ilustra la trama que constituye esta BPDU, indicando a la derecha el número de octeto. Los octetos 36-41 contienen la dirección MAC local correspondiente a un puerto designado para conectar un puente combinado dado con un vecino, que se construye siguiendo el formato explicado anteriormente, bien según la alternativa de longitud explícita o bien sin longitud explícita de prefijo. El puente combinado dado transmite a todos sus vecinos una BPDU correspondiente a cada puerto designado. Los vecinos reemplazan los 6 últimos octetos de la BPDU con el valor de la dirección MAC local que corresponde a cada uno de sus respectivos puertos designados y así, sucesivamente, se van intercambiando este tipo de BPDUs, durante la operación del protocolo CSTP y una vez formado el STP/RSTP, para formar el árbol jerárquico.

La Figura 4 ilustra cómo resulta la asignación jerárquica de direcciones, utilizando una configuración por defecto de 8 bits de máscara por cada nivel del árbol de expansión a partir del segundo nivel y asumiendo que el puente raíz (R) del árbol de expansión tiene dos puertos designados a dos respectivos vecinos (C1, D1) cuyos identificadores/prefijos son respectivamente 5 y 32, por ejemplo. Los identificadores de los puertos de cada puente se representan en la Figura 4 en binario con 4 bits. El puente vecino D2 conectado al puente D1 por el puerto 0111 recibe una BPDU con dirección MAC local de valor 32.7 y conteniendo además toda la información del protocolo STP/RSTP. Con esta información asigna la dirección a sus puertos designados respectivos, el puerto 0110 al puente D3 a través del que envía una BPDU con dirección 32.7.6 y el puerto 0001 al puente D5 a través del que envía una BPDU con dirección 32.7.1, habiendo añadido al final en las respectivas BPDUs la identidad del puerto designado. La anchura de la máscara en bits puede depender del nivel del puente en el árbol de expansión. Los puentes D4 y D5 están conectados por sus respectivos puertos, con identificadores 0001 y 0110 en el ejemplo, a unos equipos terminales (T1, T2), los cuales a su vez reciben finalmente las BPDUs con direcciones 32.7.6.5.1 y 32.7.1.6 respectivamente. El puente C1 es un puente hoja que se conecta directamente a dos equipos terminales (T3, T4) a través de los puertos designados, en el ejemplo, 0110 y 0001. El equipo terminal T3 recibe una BPDU con dirección local 5.6 y el equipo terminal T4 recibe otra BPDU con dirección local 5.1, en correspondencia con los prefijos de dichos puertos designados.

Cuando los puertos terminales de un puente combinado están conectados a un solo equipo terminal, el puerto terminal designado realiza la sustitución de la dirección MAC global origen en las tramas entrantes, tramas de datos que puede enviar el equipo terminal al puente, por la dirección MAC local jerárquica del puerto designado o de entrada. En las tramas de vuelta hacia el equipo terminal se realiza la sustitución inversa, reinsertando la dirección MAC global asignada universalmente al equipo terminal. El protocolo ARP se utiliza para la resolución de la dirección IP a la dirección MAC de forma totalmente compatible, sea ésta global o local jerárquica. En la Figura 5 se muestra un ARP de un equipo terminal (e2) para resolver la dirección MAC de otro equipo terminal (e1) y cómo el equipo e2 obtiene la dirección MAC local jerárquica de e1 para poder utilizar después el encaminamiento jerárquico HURP.

ES 2 337 220 B1

El proceso detallado de resolución de direcciones mediante ARP, realizado para obtener las direcciones MAC locales jerárquicas a partir de la dirección IP destino, se representa en la Figura 5 señalando mediante unas flechas (m1, m2, m3) la secuencia de mensajes intercambiados en este mecanismo. En un primer intercambio (m1), el equipo terminal e2 envía un mensaje estándar del protocolo ARP y de tipo "ARP query" con dirección MAC destino, que constituye la dirección de difusión y dirección origen, igual al valor de la dirección MAC asignada al equipo terminal, que en este ejemplo es una dirección MAC global. El mensaje "ARP query" se transporta en una trama que contiene la dirección IP destino a resolver, la del equipo e1, junto con la dirección IP origen, la del equipo e2, difundándose esta trama a lo largo del árbol de expansión por toda la red conmutada de puentes hasta alcanzar el equipo (e1) destino sin ser modificada. Este equipo (e1) destino procesa de forma estándar el mensaje "ARP query" e inicia un segundo intercambio (m2) respondiendo con un mensaje estándar de tipo "ARP reply" que contiene la dirección MAC global de este equipo (e1). El puente H1 conectado por un puerto terminal al equipo e1 recibe la trama con el mensaje "ARP reply" y reemplaza la dirección MAC global por la jerárquica local correspondiente a ese puerto terminal designado, además de recalcular el CRC de la trama para que sea correcto. La trama tiene como dirección destino la MAC del equipo e2, que puede ser global o local, y que se supone global en este ejemplo. La trama se reenvía por el árbol de expansión hasta el equipo e2, que la guarda en su caché ARP, con lo que e2 dispone de la dirección jerárquica MAC del equipo e1 para el envío de cualquier trama. Por último, como tercer intercambio (m3), el equipo e2 envía tramas "unicast" al equipo e1 con la dirección MAC destino obtenida.

El protocolo HURP de encaminamiento jerárquico opera solamente sobre las tramas con direcciones destino MAC locales. A continuación se describe un pseudocódigo simplificado del reenvío de tales tramas que realiza HURP, donde se analiza la dirección MAC local jerárquica destino:

```

25  If coord(destino) AND coord (este_bridge) ≠ nulo; el
    destino está en la misma rama.

    If longitud (coord(destino)) < longitud
    (coord(este_bridge) el destino está por encima del
30  bridge actual

    puerto forwarding= puerto raíz(este bridge)

    If longitud (coord(destino)) => longitud (
35  coord(este_bridge) el destino está por debajo del bridge
    actual

    puerto forwarding= puerto_salida (este bridge);
40  (coordenada(destino) XOR (coordenada(este_bridge)).

Else ; el AB destino está en otra rama

45  If Tabla Encam(prefijo_destino) ≠ nulo ; hay ruta HURP

    TE(destino), puerto= TE(destino).puerto_salida

50  Else ; no hay ruta CHT , encaminamiento por el árbol de
    expansión hacia el raíz.

    puerto forwarding= puerto raíz(este bridge)

55  FI

    FI

```

El formato de las tramas BPDUs que maneja el protocolo HURP es el mostrado en la Figura 6, que tiene una cabecera que incluye los campos, en este orden, para: el identificador correspondiente al protocolo HURP, la versión del protocolo HURP y el tipo de mensaje o comando. Tras la cabecera, esta BPDU contiene un máximo de 20 entradas de 18 octetos cada una que definen las posibles rutas con los siguientes campos, en este orden:

- "dirección RSTCA_i" de cada puerto designado (i= 1, 2...) que indica la dirección MAC local jerárquica destino, con el formato de 6 octetos y con o sin su longitud de prefijo explícita;

ES 2 337 220 B1

- “longitud de prefijo” que indica, en 1 octeto, la longitud en bits de la parte más significativa, i.e., el prefijo, de la dirección MAC local jerárquica indicada;
- “etiqueta de ruta” que permite identificar, en 1 octeto, orígenes diferentes de las rutas;
- “siguiente salto” contiene la dirección RSTCA del puente siguiente en la ruta;
- “métrica”, utilizando la misma métrica el protocolo HURP que el estándar 802.1D para poder elegir caminos ventajosos alternativos al árbol de expansión e indicando la dirección propia como una ruta más con distancia nula.

El protocolo HURP extiende el protocolo RIP con las direcciones asignadas jerárquicamente y usa una métrica de costes de tipo puente estándar IEEE 802.1D, donde el vector de distancia de un enlace es inverso a la velocidad de transmisión en dicho enlace. La ruta o el camino más corto hacia la red de destino es establecida por el protocolo HURP usando por defecto el mismo algoritmo del vector de distancias que para los puentes convencionales, calculando la distancia como una constante dividida por la capacidad del enlace en bits por segundo. La siguiente tabla reproduce los costes de enlace recomendados por el estándar IEEE 802.1D:

Velocidad del enlace	Valor recomendado o de coste del enlace	Rango recomendado de costes del enlace	Rango total
≤ 100 Kbps	200.000.000	20.000.000-200.000.000	1-200.000.000
1 Mbps	20.000.000	2.000.000-200.000.000	1-200.000.000
10 Mbps	2.000.000	200.000-20.000.000	1-200.000.000
100 Mbps	200.000	20.000-2.000.000	1-200.000.000
1 Gbps	20.000	2.000 -200.000	1-200.000.000
10 Gbps	2.000	200-20.000	1-200.000.000
100 Gbps	200	20-2.000	1-200.000.000
1 Tbps	20	2-200	1-200.000.000
10 Tbps	2	1-20	1-200.000.000

ES 2 337 220 B1

El reenvío de las tramas con direcciones MAC locales destino “unicast” que hace el protocolo HURP se muestra en la Figura 7, según los siguientes pasos:

Tras la recepción de las tramas (S1), el protocolo HURP determina las tramas para el encaminamiento jerárquico (S) teniendo en cuenta la información de rutas extraída de la base de datos de encaminamiento (DB1) definida en el puente. Simultáneamente, se consulta el estado del puerto origen (P1) y el del puerto destino (P2) para ejecutar la topología activa (S2), y a continuación se realiza un filtrado de tramas (S3) de acuerdo a la base de datos de filtrado (DB2) configurada en el puente. Tanto las tramas filtradas en (S3) como las del encaminamiento jerárquico (S) pasan a distintas colas, en un paso de encolado de tramas (S4) que tiene en cuenta el estado del puerto origen (P1) y el del puerto destino (P2). De las colas de tramas se seleccionan las tramas a transmitir (S5) para luego establecer un mapeo de las prioridades (S6). Antes de efectuar la transmisión de esas tramas (S8), se hace una comprobación de dichas tramas para detectar errores (S7), recalculando el campo FCS: “Frame Check Sequence”.

El protocolo HURP sigue por defecto un esquema de encaminamiento vertical que utiliza el árbol jerárquico de direcciones creado: la trama se encamina desde el origen hacia arriba a lo largo del árbol jerárquico hasta alcanzar, si es posible, un puente combinado cuya dirección es el prefijo común a las direcciones HLMAC origen y destino. Para obtener ese prefijo común a ambas y, por tanto, la dirección del puente donde realizar un giro de arriba hacia abajo, se realiza una operación lógica AND entre las direcciones MAC origen y destino locales; en el ejemplo del árbol jerárquico mostrado en la Figura 8:

$$(32.7.6.5.1) \text{ AND } (32.7.1.6) = 32.7$$

La Figura 8 muestra la ruta, representada por una flecha discontinua, que sigue una trama que parte de un equipo terminal origen (O), cuya dirección MAC local jerárquica es 32.7.6.5.1, hasta llegar a un equipo terminal destino (F), siendo en el ejemplo 32.7.1.6 la dirección MAC local destino. El árbol jerárquico de la Figura 8 tiene un puente raíz (R) y tres puentes hoja (H1, H2, H3), donde el puente raíz (R) se supone tiene un prefijo con valor igual a 32. En este ejemplo el equipo terminal origen (O) está conectado al primer puente hoja (H1). La dirección MAC local jerárquica del puente combinado H1 es 32.7.6.5 y su puerto designado para conectarse al equipo terminal O tiene un identificador cuyo valor es 1, i.e., 0001 en binario. Por consiguiente, la dirección MAC local origen, asignada al equipo terminal O y que reemplaza su dirección MAC universal en el encaminamiento, es 32.7.6.5.1. Siguiendo la misma asignación jerárquica y resolución de direcciones, la dirección MAC local jerárquica del equipo terminal destino (F) es 32.7.1.6, pues está conectado por un puerto designado con identificador de valor binario 0110 al segundo puente hoja (H2) que, a su vez, se conecta por el puerto designado de identificador 0001 de un puente intermedio (BR1) de dirección MAC local 32.7. Este puente BR1 es el puente combinado común entre los puentes hoja H1 y H2, donde el protocolo de encaminamiento realiza el giro de arriba-abajo.

Adicionalmente, el protocolo HURP puede realizar un encaminamiento transversal usando los enlaces que quedan fuera del árbol jerárquico establecido. Este encaminamiento transversal puede producirse entre puentes vecinos directos, como se ilustra en la Figura 9, o bien a través enlaces transversales entre puentes intermedios, como se ilustra en la Figura 10.

La Figura 9 muestra la ruta, representada por una flecha discontinua, que sigue una trama que parte de un equipo terminal origen (O'), cuya dirección MAC local jerárquica es 32.7.6.5.1, hasta llegar a un equipo terminal destino (F'), siendo en el ejemplo 32.7.1.5.0.0 la dirección MAC local destino. La trama enviada por el equipo terminal origen (O') conectado al puerto 32.7.6.5.1, al entrar en el primer puente hoja (H1) con dirección MAC local 32.7.6.5, sustituyéndose entonces en la trama la dirección MAC origen global por la jerárquica 32.7.6.5.1. Este puente hoja (H1) conoce que existe un enlace transversal (A1) que lo conecta a un puente vecino (BR2) de dirección MAC jerárquica igual a 32.1.5.0. Puesto que la distancia a dicho puente vecino (BR2), en el ejemplo, es k veces inferior, siendo k configurable, con un valor típico entre 1 y 3, a la distancia al puente raíz (R), encamina la trama por el enlace transversal (A1), que llega al puente vecino (BR2) y de ahí hasta el puerto destino correspondiente, reemplazando la dirección MAC local en la trama con la dirección MAC global del equipo terminal destino (F').

Aparte del encaminamiento transversal a un puente vecino, como en el caso anterior, también puede hacerse un encaminamiento transversal distante usando puentes intermedios, como es el caso mostrado en la Figura 10. La Figura 10 muestra la ruta, representada por una flecha discontinua, que sigue una trama que parte de un equipo terminal origen (O''), cuya dirección MAC local jerárquica es 32.7.6.5.1, hasta llegar a un equipo terminal destino (F''), siendo en el ejemplo 32.7.1.5.0.0 la dirección MAC local destino. El primer puente hoja (H1) conoce que hay un puente intermedio (BR3) que permite una ruta ventajosa, encaminando la trama por el enlace transversal (A2) existente entre dichos puentes H1 y BR3, para continuar el camino por otro enlace transversal A3 que conecta dicho puente intermedio (BR3) hasta alcanzar el puente BR2 conectado al equipo terminal destino (F'').

La Figura 11 representa una red con nodos escalonados jerárquicamente según sus coordenadas RSTCA, representadas encima de cada nodo junto a la letra de referencia usada. El puente raíz (R) es el origen de coordenadas del que parte el protocolo HURP para determinar una serie de giros permitidos y prohibidos.

En el protocolo HURP, al igual que en otros protocolos de prohibición de giros, la prohibición sirve para evitar los bucles de las tramas de usuario durante la convergencia del protocolo. El protocolo del árbol de expansión estándar, STP o RSTP, garantiza de por sí la ausencia de bucles durante la convergencia del mismo mediante el bloqueo de los

ES 2 337 220 B1

puertos de los puentes de red que pueden crear bucles, incluyendo todos los puertos designados, que se bloquean, y los que se bloquean por el propio protocolo. Pero el protocolo de vector distancias complementario utiliza los enlaces transversales y puede presentar, durante la operación normal del protocolo de árbol de expansión estándar, bucles transitorios durante su convergencia, por lo que la prohibición de giros es necesaria porque permite evitar los bucles transitorios de las tramas de usuario.

Existen diversas alternativas en cuanto a reglas e implementación de la prohibición de giros que, según las implementaciones del protocolo HURP, pueden ser configurables o bien producir variantes del protocolo adecuadas a determinadas redes en función de su topología y de los requisitos del administrador de red. Aquí se describen las alternativas de prohibición de giros como estándar, estricta, laxa y encaminamiento hasta la rama destino.

En la alternativa estándar, el protocolo HURP utiliza el criterio estándar de TP para determinar si un giro es arriba o abajo, comparando los identificadores de los tres nodos del giro, de forma que el giro es prohibido si es abajo-arriba, por ejemplo el giro formado por los tres nodos (i,c,d), esto es: si $c > i$ y $c > d$. Como HURP emplea los identificadores jerárquicos HLMAC, la comparación de los mismos consiste en comparar primero las longitudes de prefijos, resultando mayor en la comparación el nodo de mayor longitud de prefijo. En caso de igual longitud de prefijo se comparan de modo iterativo las magnitudes del prefijo empezando por el campo más significativo, esto es empezando por la izquierda. En caso de empate se comparan las magnitudes del siguiente campo HLMAC y así sucesivamente. En la figura 11, según este criterio resultan, por ejemplo, los identificadores de nodo $c < e$ y $f > i$.

Además de la alternativa estándar, el protocolo HURP, por la utilización de los identificadores jerárquicos HLMAC, introduce un tipo alternativo de enlace en los protocolos de prohibición de giro: el enlace horizontal (el que une puentes con igual longitud de prefijo). El enlace de tipo horizontal, al combinarse con enlaces de tipo arriba, horizontal y abajo, hace posible distinguir giros prohibidos de tipos adicionales.

Mientras que en el clásico encaminamiento arriba-abajo los giros posibles son solamente de tipo arriba-abajo y abajo-arriba, porque los identificadores carecen de nivel jerárquico, estando pues prohibidos los abajo-arriba, en HURP los giros prohibidos básicos son: abajo-arriba, por la misma norma del encaminamiento arriba-abajo; abajo-horizontal, porque seguido de un horizontal-arriba resultaría en un giro equivalente abajo-arriba; y horizontal-horizontal porque pueden crearse bucles horizontales. Todos los demás giros son permitidos, incluido el abajo-abajo y el arriba-abajo fuera del árbol. Ejemplos de giros permitidos en todos los casos en el árbol jerárquico de la Figura 11 son los que se dan a continuación, indicando en la columna de la izquierda las referencias dadas a los nodos del árbol dibujados en la Figura 11:

35	a-b-f	permitido por ser ascendente
	h1-a-b	permitido por ser ascendente
	a-b-c	permitido por ser horizontal-arriba
40	h1-a-j	permitido por ser horizontal-arriba
	b-c-d	permitido por ser horizontal-arriba
45	c-e-h	permitido por ser horizontal-abajo
	e-h-h2	permitido por ser horizontal-abajo
	e-g-h	permitido por ser horizontal-abajo
50	a-j-c	permitido por ser horizontal-arriba
	b-c-i	permitido por ser horizontal-arriba
55	h1-j-h2	permitido por ser arriba-abajo

Se puede pues realizar en HURP una prohibición de giros estricta que permite simplificar la ejecución de la prohibición de giros al no ser preciso analizar campos de cada trama de usuario como la dirección destino. Pero también es posible con HURP realizar una prohibición de giros laxa con la que se persigue minimizar el número mínimo de giros prohibidos para, por tanto, maximizar las posibilidades de la trama de alcanzar el destino en situaciones de inestabilidad de rutas.

Otra posible variante en la versión del protocolo HURP con prohibición de giros que aquí es denominada encaminamiento a la rama destino tiene por objetivo maximizar las posibilidades de alcanzar el destino aún en caso de inestabilidad de rutas en los nodos. Para ello se intenta maximizar las posibilidades de alcanzar la rama destino. Se entiende por rama destino la rama del árbol jerárquico constituida por los superiores jerárquicos del nodo destino,

ES 2 337 220 B1

es decir, los puentes cuyo identificador HLMAC es un prefijo del identificador HLMAC del puente destino. Por ello solamente se permite el descenso cuando se ha alcanzado la rama destino o el giro termina llegando a la misma. No se permiten los giros arriba-abajo fuera del árbol para no bajar, sin estar seguros de alcanzar el destino, dado que no se puede subir en la red una vez que se empieza a bajar.

5 Ejemplos de giros permitidos y prohibidos en esta variante de encaminamiento a rama destino son los siguientes referidos a la Figura 11:

10 r-i-c abajo-abajo, prohibido por no ser el nodo c de rama destino

f-i-e horizontal-abajo, prohibido por no ser j de rama destino

15 Ejemplos de giros permitidos y prohibidos en el árbol de la Figura 11 y sus razones según una versión estricta de prohibición de giros, con giros prohibidos sin excepciones por destino, implementada en HURP son los siguientes:

b-c-e prohibido por ser horizontal-horizontal

20 c-e-g prohibido por ser horizontal-horizontal

c-e-h permitido por ser horizontal-abajo

r-d-c prohibido por ser el nodo d de rama destino (el encaminamiento una vez alcanzada la rama destino debe ir por dicha rama)

25 i-c-e prohibido por ser abajo-horizontal

c-j-e prohibido por ser abajo-arriba

30 En la versión del protocolo HURP con prohibición de giros laxa la prioridad es minimizar el número total de giros prohibidos, por lo que se hacen excepciones si en el giro se alcanza la rama destino. Ejemplos referidos a la Figura 11 son:

35 d-g-h descendente permitido por ser rama destino

g-h-h2 descendente, permitido por ser rama destino

40 f-r-i permitido por ser rama destino

c-i-e arriba-abajo permitido por ser el nodo r de rama destino

r-i-d abajo-horizontal, permitido por ser el nodo d de rama destino

45 Se entiende por plano de control en los protocolos de encaminamiento a los mensajes de control del protocolo intercambiados entre nodos, tales como información de rutas. El plano de usuario se refiere a las tramas enviadas por los usuarios y encaminadas por los nodos.

50 La prohibición de giros se ejercita sobre las tramas de usuario, evitando que se realicen giros prohibidos en el plano de usuario. De esta forma se evita que existan tramas circulando indefinidamente o tormentas de tramas. Por otro lado, la prohibición de giros, en el plano de control, afecta a las tablas de encaminamiento: la ruta más corta en cada nodo debe suponer un giro permitido, por lo que la ruta permitida en un nodo hacia un determinado destino puede no ser la mínima sino la mínima legal para ese nodo. Si solamente se difunden entre vecinos rutas legales, con giros permitidos, en las tablas de encaminamiento todas las rutas que aparecen son ya legales, aunque pueden no ser mínimas absolutas.

60 Para una máxima robustez del encaminamiento, la ruta por defecto es a través del puerto raíz hacia el puente raíz. En el plano de usuario se implementa necesariamente el control de giros prohibidos y opcionalmente se puede implementar también el control de giros teniendo en cuenta la dirección destino HLMAC de la trama además de las HLMAC de los tres puentes implicados en el giro: previo, actual y siguiente salto. Esto posibilita permitir los giros prohibidos siempre que terminen en la rama destino del árbol independientemente de la dirección que llevan esos giros.

65

ES 2 337 220 B1

Ejemplos de giros permitidos y prohibidos en el árbol de la Figura 11 y sus razones según una versión laxa de prohibición de giros implementada en HURP son los siguientes:

5	b-c-e	prohibido por ser horizontal-horizontal y el nodo e no es rama destino
	c-e-g	permitido por ser horizontal-horizontal y el nodo c no es rama origen
	c-j-e	prohibido por ser abajo-arriba
10	i-c-e	prohibido por ser abajo-horizontal

Los giros que terminan o comienzan en los equipos terminales o “hosts” en inglés, h1 y h2 en la figura 11, son siempre permitidos. Esto se debe a que la dirección la reciben del correspondiente puente al que están conectados, por lo que siempre es un enlace ascendente o descendente, que no forma parte de los giros prohibidos.

Los “hosts” pueden disponer de tantas direcciones HLMAC distintas como interfaces de red conectadas a distintos puentes combinados tengan. En el caso de varios enlaces paralelos entre un equipo terminal y un puente, el protocolo de agregación de enlaces opera de forma estándar y se comporta como un solo enlace desde el punto de vista de los protocolos CSTP y HURP.

En este texto, la palabra “comprende” y sus variantes (como “comprendiendo”, etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos etc.

Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas aquí descritas sino que abarca también las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a criterios de configuración y tamaño de las redes de telecomunicaciones, tamaño de las estructuras de datos, etc.), sin salir del ámbito de la invención que se desprende de las reivindicaciones incluidas seguidamente.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de gestión de enlaces en el nivel de enlace de datos para redes de telecomunicaciones, las cuales comprenden una pluralidad de puentes de red configurados para intercambiar tramas BPDU a través de enlaces que conectan dichos puentes de red, donde se establece al menos un árbol de expansión según un protocolo estándar que se forma a partir de un puente de red raíz (R) del que cuelga al menos un puente de red convencional que opera según el protocolo 802.1D y teniendo dicho árbol de expansión al menos un puente de red hoja conectado a un equipo terminal, **caracterizado** porque comprende:

10 - crear un árbol de expansión jerárquico que se forma a partir del puente de red raíz (R) colgando al menos un puente de red que está conectado mediante un enlace punto a punto a dicho puente de red raíz (R) a través de un puerto designado y que tiene una dirección MAC local jerárquica asignada añadiendo un campo de seis octetos al final de una trama BPDU estándar, que indica un número, que es variable, de niveles del árbol de expansión jerárquico y contiene:

15 - un identificador de puerto del puerto designado, correspondiente a un nivel del árbol de expansión jerárquico en el que se establece el puente de red que tiene dicho puerto designado, y

20 - un prefijo que es el identificador de puerto del puerto raíz, al que se añade el identificador de puerto del puerto designado;

- reconfigurar el árbol de expansión jerárquico enviando al menos una trama BPDU del tipo TCN y borrando la dirección MAC asignada al puerto con el estándar 802.1D;

25 - usar el protocolo ARP para resolver las direcciones MAC con direcciones IP.

2. Procedimiento de gestión de enlaces según reivindicación 1, **caracterizado** porque el árbol de expansión se crea mediante el protocolo estándar STP.

30 3. Procedimiento de gestión de enlaces según reivindicación 1, **caracterizado** porque el árbol de expansión se crea mediante el protocolo estándar RSTP.

35 4. Procedimiento de gestión de enlaces según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el árbol de expansión jerárquico se une al, al menos un, árbol de expansión creado mediante el protocolo estándar y formado por puentes de red convencionales que se conectan en la periferia del árbol de expansión mixto formando subárboles, para formar un árbol de expansión mixto.

40 5. Procedimiento de gestión de enlaces según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el número de niveles del árbol de expansión jerárquico se indica de forma explícita en un primer octeto de dicho campo de seis octetos.

45 6. Procedimiento de gestión de enlaces según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el número de niveles del árbol de expansión jerárquico se indica de forma implícita rellenando con ceros desde un último octeto de dicho campo de seis octetos hasta un octeto que contiene el identificador de puerto del puerto designado.

50 7. Procedimiento de gestión de enlaces según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque adicionalmente comprende enviar periódicamente la trama BPDU con el campo de seis octetos añadido al final y con una dirección MAC de origen que es única y una dirección MAC de destino que es una dirección de multidifusión.

55 8. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos, que opera en el nivel de enlace de datos y que comprendiendo el envío y reenvío de tramas de datos con una dirección MAC de destino a través de un puerto designado de un puente de red, se **caracteriza** porque simultáneamente:

- encamina tramas de datos con la dirección MAC de destino igual a una dirección MAC universal usando el estándar 802.1D, y

60 - encamina, a lo largo de una ruta, al menos una trama de datos con una dirección MAC de origen y con la dirección MAC de destino igual a una dirección MAC local asignada de forma jerárquica en un campo de seis octetos de una trama BPDU que tiene al menos una entrada de al menos dieciocho octetos, donde:

- el campo de seis octetos indica un número, que es variable, de niveles del árbol de expansión jerárquico y contiene:

65 - un identificador de puerto del puerto designado correspondiente a un nivel del árbol de expansión jerárquico en el que se establece el puente de red que tiene dicho puerto designado,

ES 2 337 220 B1

- un prefijo al que está añadido el identificador de puerto del puerto designado, siendo el prefijo un identificador de puerto asignado a un puerto raíz que establece un camino de coste mínimo al puente de red raíz (R), determinado el coste por una métrica definida en el estándar 802.1D;

- 5 - la entrada de al menos dieciocho octetos contiene:
- el campo de seis octetos con la dirección MAC local jerárquica asignada,
 - una longitud de prefijo que indica en un campo de un octeto la longitud en bits del prefijo contenido en la dirección MAC local jerárquica asignada,
 - una etiqueta de ruta que identifica en otro campo de un octeto una dirección de origen de una ruta, y
 - otro campo de seis octetos que indica un siguiente salto y a su vez contiene la dirección MAC local jerárquica asignada a un puente elegido para ser siguiente en la ruta
- 10
- 15

y porque periódicamente envía, por un puente de red designado, la trama BPDU con la, al menos una, entrada, al puente elegido para ser siguiente en la ruta.

- 20
9. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según reivindicación 8, **caracterizado** porque el número de niveles del árbol de expansión jerárquico está indicado dentro del campo de seis octetos de forma explícita en un primer octeto de dicho campo de seis octetos.

- 25
10. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, **caracterizado** porque al encaminar la trama de datos con la dirección MAC de destino igual a una dirección MAC local asignada de forma jerárquica, hace un giro en un puente de red cuya dirección es el prefijo común a las direcciones MAC origen y destino de la trama.

- 30
11. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque con el envío periódico de la trama BPDU se anuncia una ruta completa que incluye los puentes de red establecidos, dentro del árbol de expansión jerárquico, en el nivel jerárquicamente inferior y el nivel jerárquicamente superior con respecto al puente de red designado.

- 35
12. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque con el envío periódico de la trama BPDU se anuncia una ruta sólo si el coste de la ruta es menor que el doble del coste de otra ruta establecida desde el puente de red designado al puente de red raíz (R).

- 40
13. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque con el envío periódico de la trama BPDU se anuncia una ruta agregada que determina un subárbol completo.

- 45
14. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado** porque la ruta pertenece enteramente al árbol de expansión jerárquico.

- 50
15. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado** porque la ruta incluye al menos un enlace transversal a un puente de red vecino del puente de red designado con respecto al árbol de expansión jerárquico sólo si el coste de dicha ruta es menor o igual que un coste estimado de una ruta que pertenece enteramente al árbol de expansión jerárquico.

- 55
16. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según reivindicación 15, **caracterizado** porque el puente de red vecino se selecciona entre un puente de red intermedio y un puente de red hoja conectado a un equipo terminal.

- 60
17. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 16, **caracterizado** porque al encaminar la trama de datos adicionalmente comprende realizar una prohibición de giros en el árbol de expansión jerárquico, estableciendo unos giros prohibidos que están constituidos por enlaces de un tipo que se selecciona entre abajo-arriba, abajo-horizontal y horizontal-horizontal, respecto a dicho árbol de expansión jerárquico.

- 65
18. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según reivindicación 17, **caracterizado** porque la prohibición de giros adicionalmente comprende establecer otros giros prohibidos que están constituidos por enlaces arriba-abajo que comprenden al menos un puente de red que pertenece a una rama del árbol de expansión jerárquico formada por los puentes cuya dirección MAC local jerárquica contiene un prefijo igual al prefijo de la dirección MAC de destino.

- 70
19. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según reivindicación 17, **caracterizado** porque la prohibición de giros adicionalmente comprende establecer para un destino de la trama de datos una ruta que es de mínimo coste y contiene un número mínimo de giros prohibidos.

ES 2 337 220 B1

20. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 19, **caracterizado** porque la dirección MAC universal es de grupo de difusión amplia.

5 21. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 19, **caracterizado** porque la dirección MAC universal es de multidifusión.

22. Procedimiento de encaminamiento de tramas de datos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 19, **caracterizado** porque la dirección MAC de destino es única.

10 23. Dispositivo de interconexión de redes que opera en el nivel de enlace de datos **caracterizado** porque comprende al menos un puerto a través del que está conectado a al menos un segmento de red mediante un enlace punto a punto y comprende medios de procesamiento configurados para operar de acuerdo con el procedimiento de gestión de enlaces definido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

15 24. Dispositivo de interconexión de redes según reivindicación 23, **caracterizado** porque los medios de procesamiento están configurados para operar de acuerdo con el procedimiento de encaminamiento de tramas de datos definido según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 22.

20 25. Dispositivo de interconexión de redes según reivindicación 24, **caracterizado** porque tiene el, al menos un, puerto configurado en al menos dos modos de operación:

un modo estándar para encaminar mediante el protocolo estándar 802.1D las tramas de datos con una dirección MAC de destino igual a una dirección MAC universal asignada, y

25 un modo jerárquico para encaminar las tramas de datos con una dirección MAC de destino igual a una dirección MAC local asignada en un árbol de expansión jerárquico.

26. Dispositivo de interconexión de redes según reivindicación 25, **caracterizado** porque el, al menos un, puerto opera simultáneamente en los dos modos estándar y jerárquico.

30 27. Dispositivo de interconexión de redes según reivindicación 25, **caracterizado** porque el, al menos un, puerto opera alternativamente entre el modo estándar y el modo jerárquico.

35 28. Dispositivo de interconexión de redes según cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, **caracterizado** porque el, al menos un, puerto está configurado en un tercer modo de operación para encaminar las tramas de datos usando una dirección de destino igual a una dirección IP.

40 29. Dispositivo de interconexión de redes según cualquiera de las reivindicaciones 23 a 28, **caracterizado** porque adicionalmente comprende al menos un puerto a través del que está conectado a al menos un segmento de red mediante un enlace no punto a punto y porque dicho puerto está configurado en un modo estándar para encaminar mediante el protocolo estándar 802.1D las tramas de datos con una dirección MAC de destino igual a una dirección MAC universal asignada.

45 30. Red de telecomunicaciones conmutada **caracterizada** porque comprende al menos un dispositivo de interconexión de redes definido según cualquiera de las reivindicaciones 23 a 29.

50 31. Red de telecomunicaciones conmutada según reivindicación 30, **caracterizada** porque adicionalmente comprende al menos un puente de red que opera exclusivamente según el protocolo estándar 802.1D y que está conectado a dicho dispositivo de interconexión de redes.

50

55

60

65

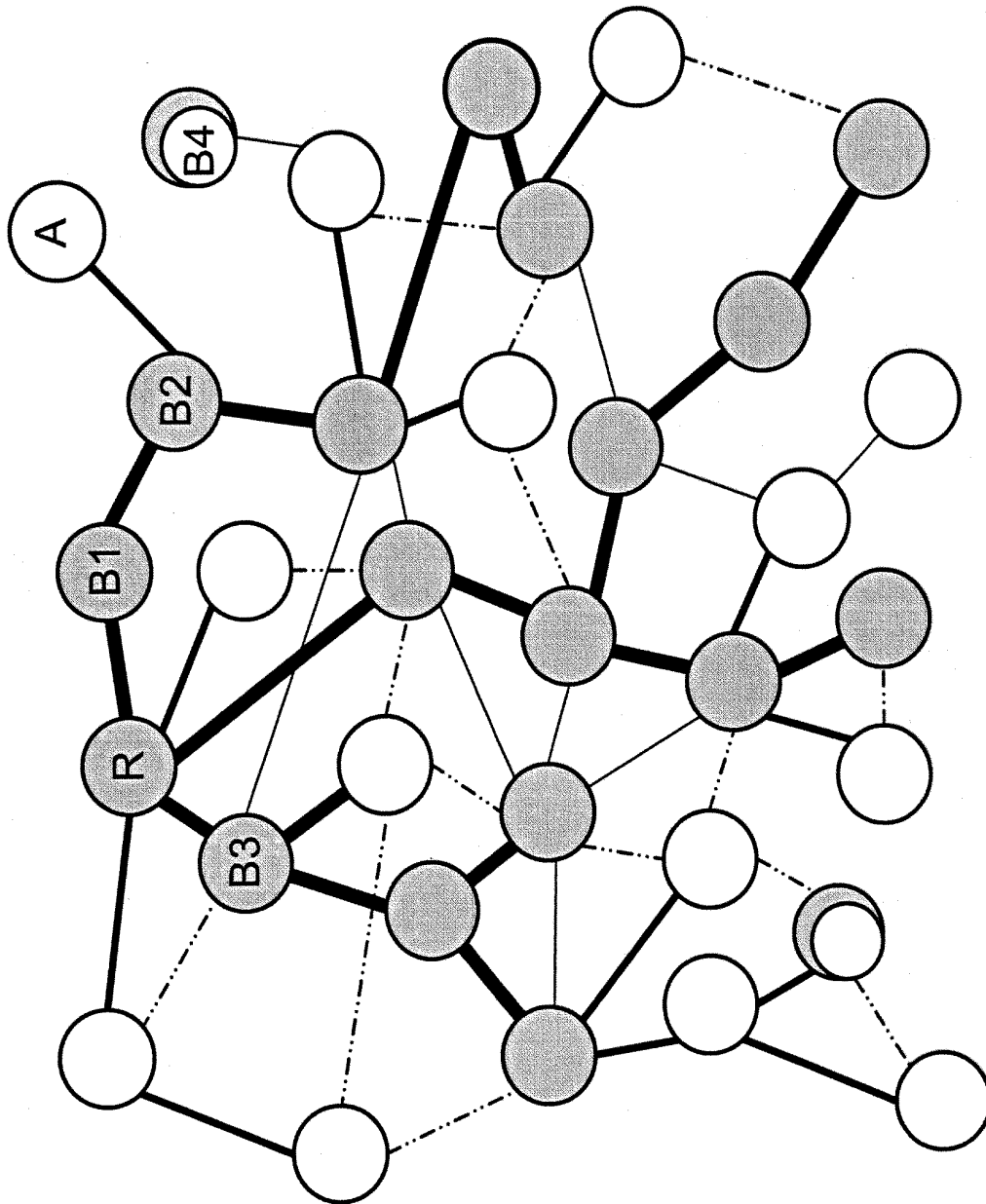


FIG. 2

Identificador de protocolo	1
	2
Id. Versión de protocolo	3
Tipo de BPDU	4
Banderas (indicadores)	5
	6
Identificador de puente raíz	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
Coste de camino a raíz	14
	15
	16
	17
Identificador de puente	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
	25
Identificador de puerto	26
	27
Antigüedad mensaje	28
	29
Antigüedad máxima	30
	31
Intervalo de saludo (Hello)	32
	33
Retardo de activación	34
	35
	36
Coordenada RSTCA	37
	38
	39
	40
	41

FIG. 3

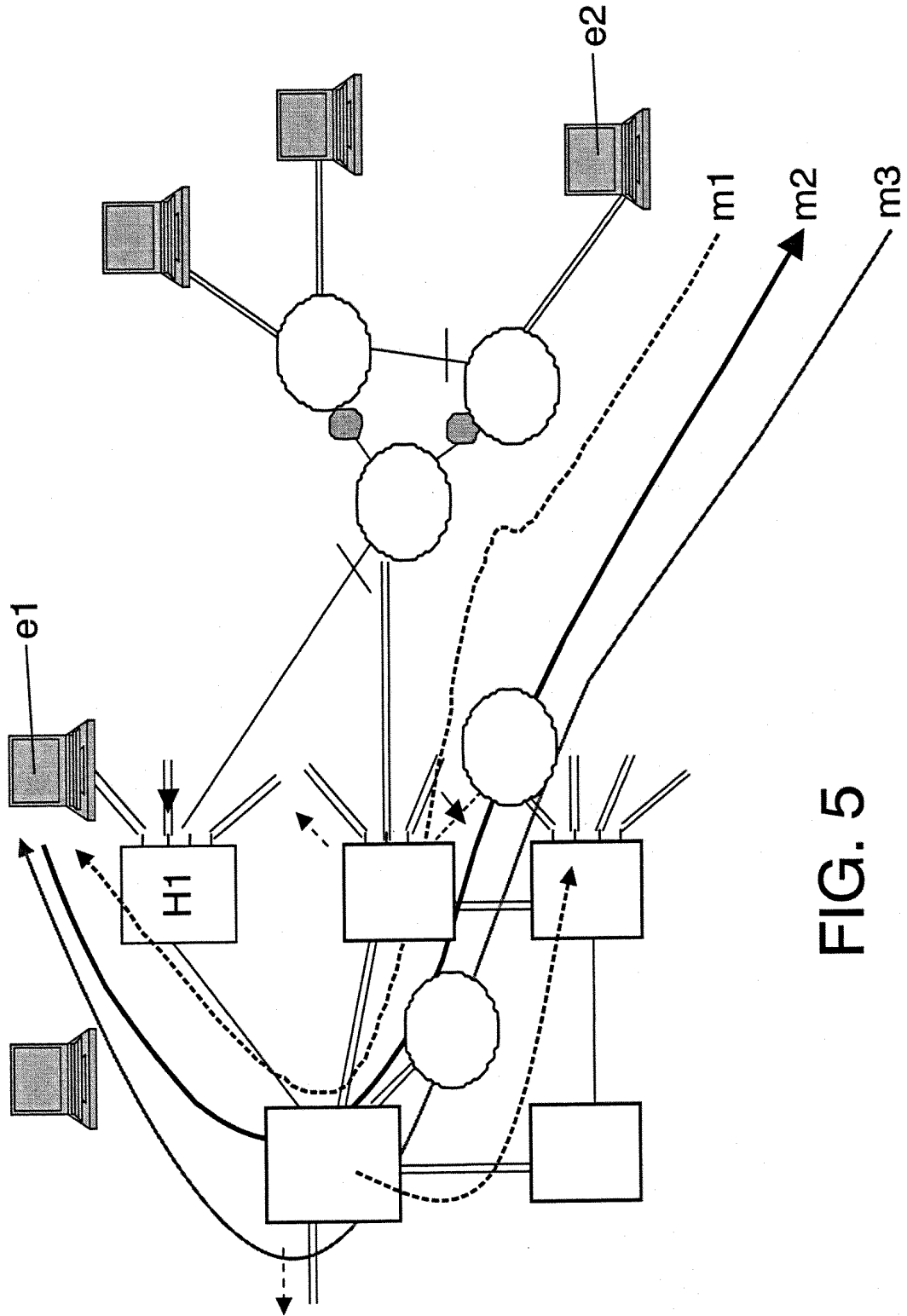


FIG. 5

Protocolo
Versión
Comando
Dirección RSTCA ₁
Longitud de prefijo
Etiqueta de ruta
Siguiente salto
Métrica
...
Dirección RSTCA ₂
Longitud de prefijo
Etiqueta de ruta
Siguiente salto
Métrica
...

FIG. 6

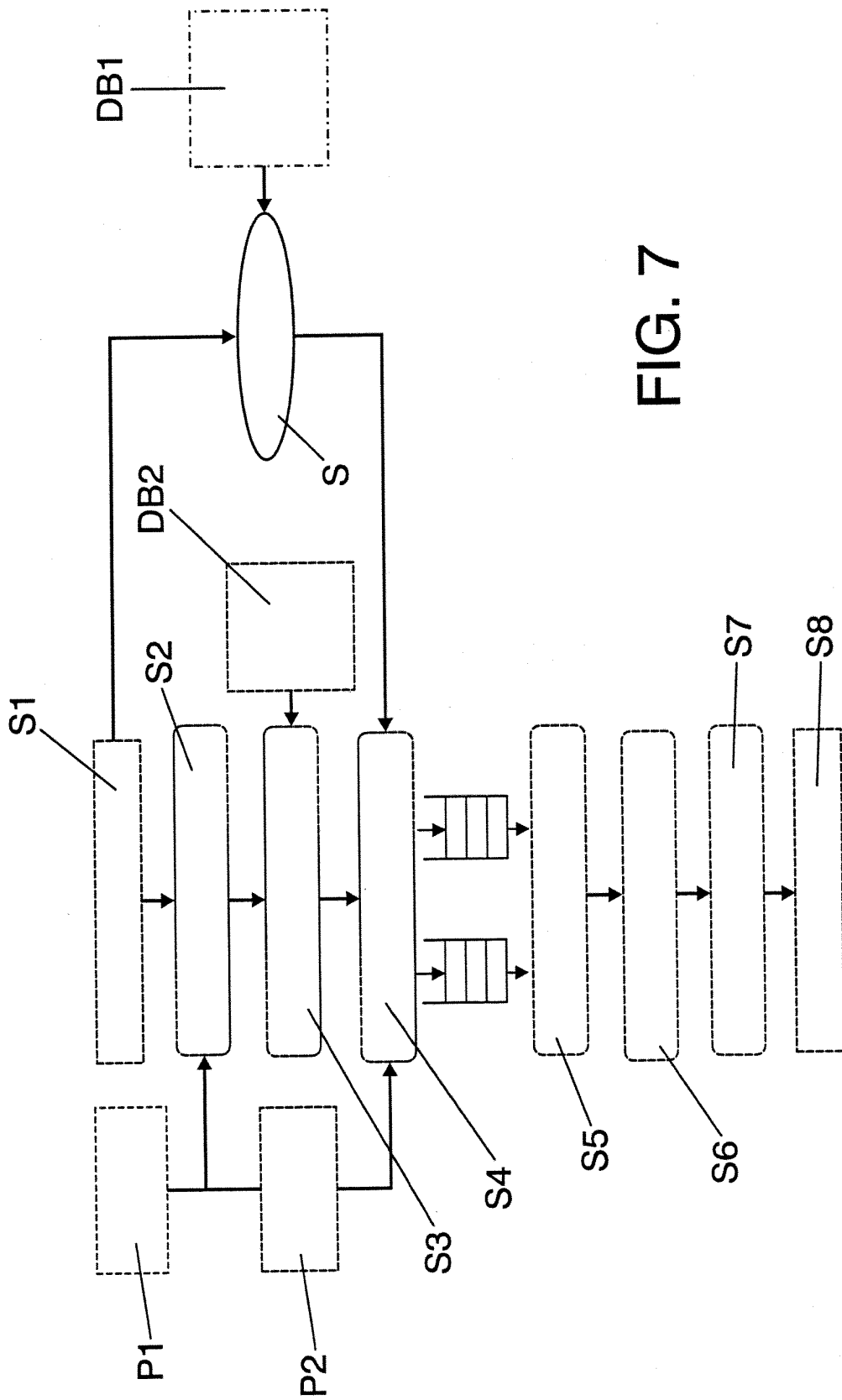


FIG. 7

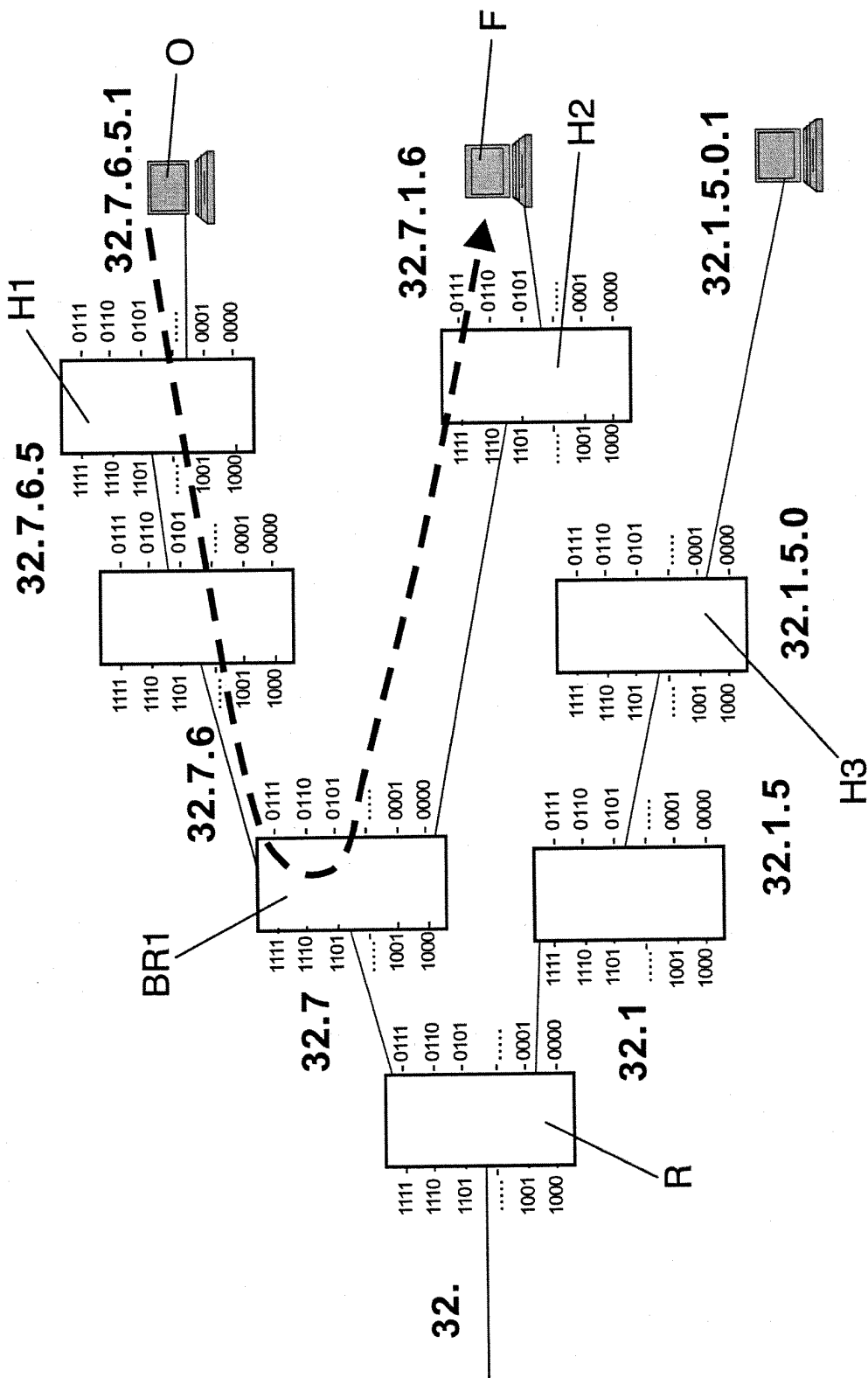


FIG. 8

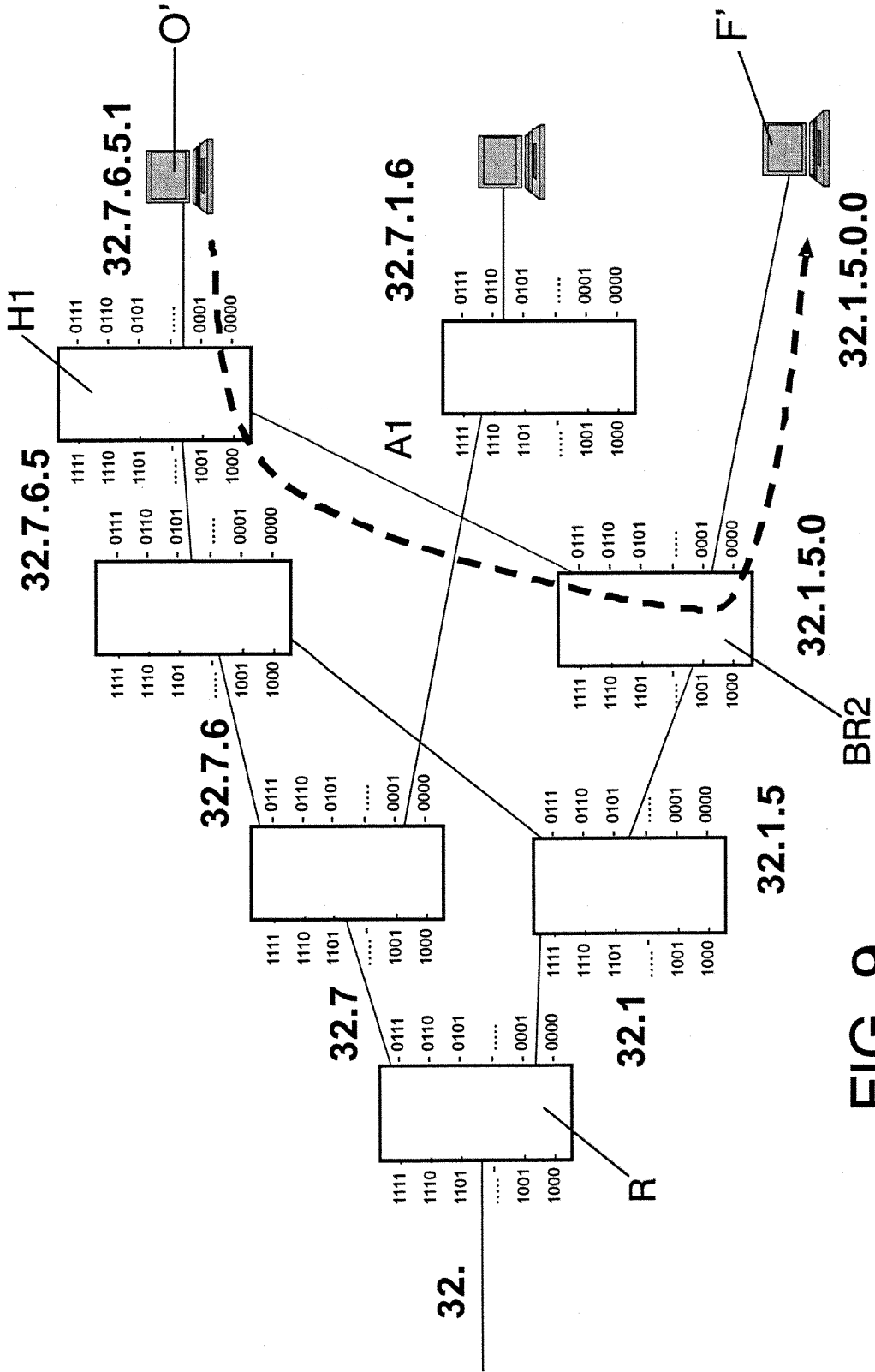


FIG. 9

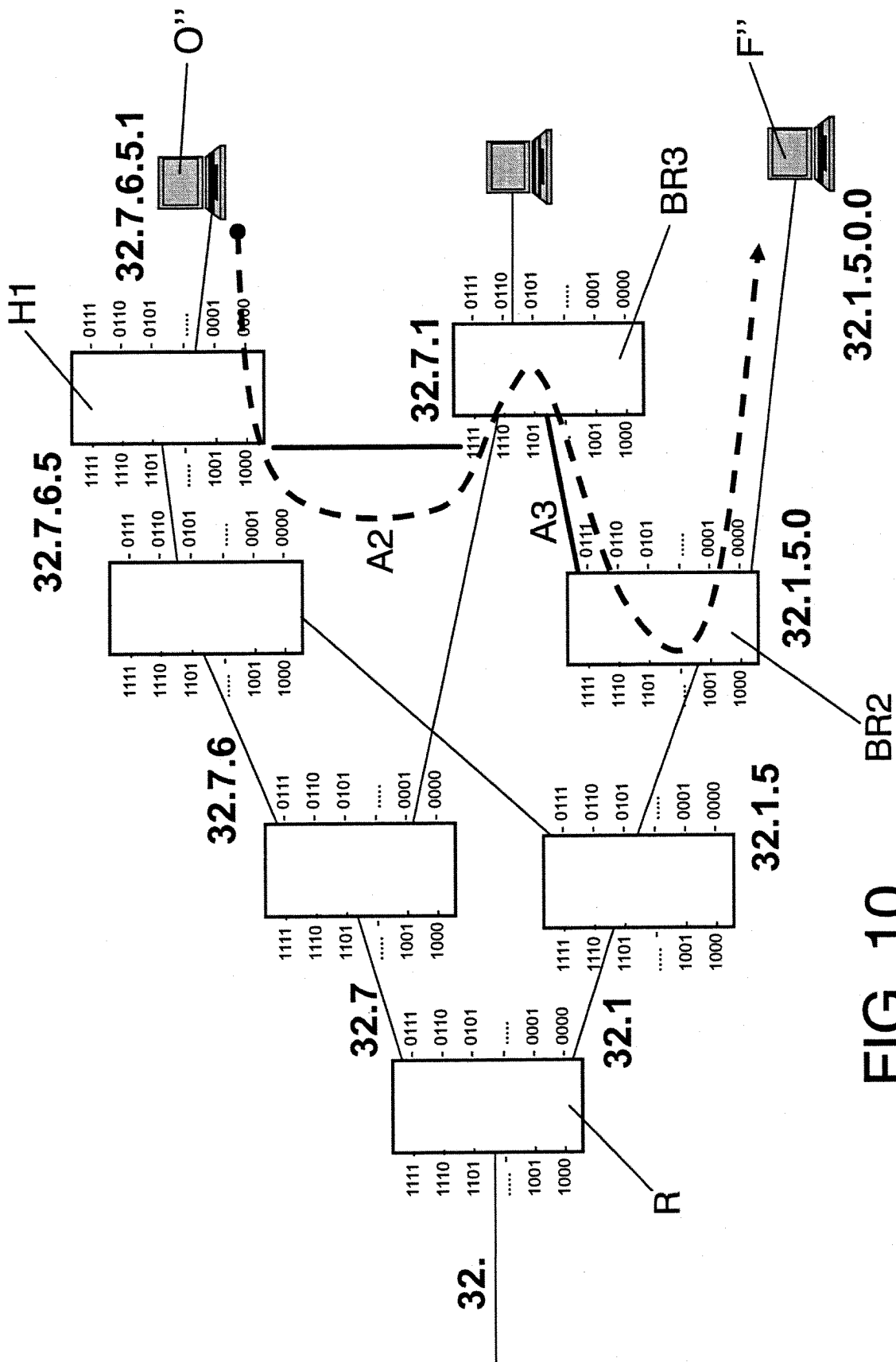


FIG. 10

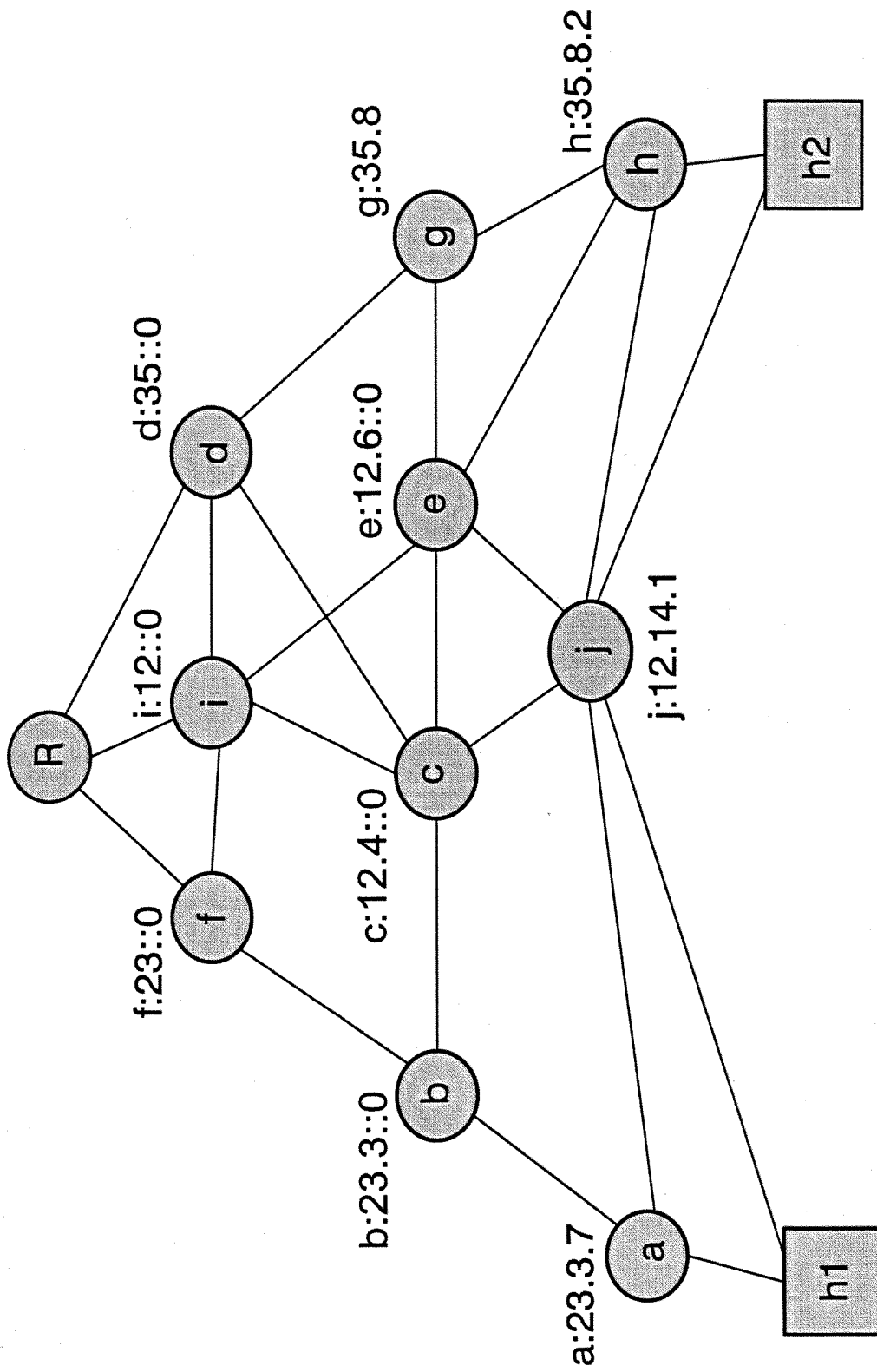


FIG. 11



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 337 220

② Nº de solicitud: 200702358

③ Fecha de presentación de la solicitud: 30.08.2007

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **H04L 12/46** (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2006098589 A1 (CISCO TECHNOLOGY, INC) 11.05.2006, párrafos [32-39],[51-82]; figuras 1,2,4.	1-3
A		4-31
A	AZCORRA et al. "Application of rapid spanning tree protocol for automatic hierarchical address assignment to bridges" Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium. NETWORKS 2004, 11th International, páginas 435-440, 13-16 Junio 2004. Todo el documento.	1-31
A	"IEEE Standard for Local and metropolitan area networks. Media Access Control (MAC) Bridges". IEEE Std 802.1D-2004 (Revision de IEEE Std 802.1D-1998). 9-Junio-2004. URL: http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1D-2004.pdf Capítulos 7.9, 9.3, 17.1-17.15.	1-3,7,8, 11-13, 20-24,30, 31
A	US 2006098644 A1 (CISCO TECHNOLOGY, INC) 11.05.2006, párrafos [29],[34-39],[48-50]; figuras 1A,1B,3B.	1,4,8, 23-31

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
07.04.2010

Examinador
J. Cotillas Castellano

Página
1/1