



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 283 985**

(51) Int. Cl.:

H04L 29/14 (2006.01)

H04L 12/56 (2006.01)

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 12/24 (2006.01)

H04L 1/20 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04711375 .8**

(86) Fecha de presentación : **16.02.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1595385**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **16.11.2005**

(54) Título: **Arquitectura de red Ethernet/IP con elevada disponibilidad de servicio.**

(30) Prioridad: **18.02.2003 FR 03 01951**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2007

(73) Titular/es: **Thales**
45 rue de Villiers
92526 Neuilly sur Seine, FR

(72) Inventor/es: **Brute de Remur, Valérie y**
Dillon, Patrick

(74) Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Arquitectura de red Ethernet/IP con elevada disponibilidad de servicio.

La presente invención se refiere a una arquitectura de red Ethernet/IP con elevada disponibilidad de servicio.

Para numerosos sistemas de control, la exigencia de su disponibilidad es muy elevada e implica un tiempo de interrupción de servicio mínimo y dominado en caso de fallo por un elemento de estos sistemas. Esta exigencia de disponibilidad se expresa en la explotación de sistemas y debe ser seguidamente, en el análisis de la ingeniería del sistema, aplicada a nivel de los diferentes elementos que componen el sistema. Esta exigencia se aplica en particular a los medios de comunicación (datos, voz, vídeo) entre los diferentes elementos que componen un sistema.

En el caso de un sistema de control de tráfico aéreo, el tiempo máximo de interrupción de servicio de comunicación entre elementos del sistema es del orden de 2 segundos para los datos y de 0,5 segundos como máximo para la voz y algunos datos llamados tiempo real (flujo radares).

La concepción de la arquitectura de la red de comunicación asociada con mecanismos de redundancia locales o repartidos de los equipos que constituyen la red permite responder, según las tecnologías, más o menos bien a esta exigencia de disponibilidad.

El factor económico al ser un elemento preponderante a tener en cuenta en la concepción de los sistemas, la utilización de estándares del mercado y de equipamientos a escala ("COTS") es incuestionable. Para las redes de comunicación, el estándar Ethernet se ha impuesto a nivel físico y el protocolo IP (Internet Protocol) a nivel de red.

En su éxito, el estándar Ethernet se ha "cargado" el estándar FDDI que respondía originalmente a las exigencias de estos sistemas con un tiempo máximo de interrupción de servicio de comunicación del orden de algunas centenas de milisegundos.

En el estado actual de la técnica, la tecnología Ethernet y los equipos asociados permiten lograr un tiempo máximo de interrupción de servicio de comunicación del orden de 2 segundos. Este rendimiento permite responder a la exigencia para los datos pero no para la voz y otros flujos en tiempo real que son ahora transportados por el protocolo IP ("VoIP", es decir "Voice over IP").

La patente US 2002/004843 A1 expone un mecanismo que permite compensar rápidamente los cambios de una red. La red descrita en este documento, comprende nudos, calculando cada nudo una vía principal y un conjunto de vías auxiliares, utilizadas cuando se ha detectado un cambio o un fallo de red.

La presente invención tiene por objeto una arquitectura Ethernet/IP que respeta los requisitos siguientes:

- Utilización de equipos COTS de base en el estándar Ethernet
- Utilización de protocolos estándar
- Sin restricción sobre el tamaño y la configuración de la red
- Transparencia para las aplicaciones
- Desarrollo mínimo y únicamente logicial
- Permitir la coexistencia de equipos terminales heterogéneos.

La arquitectura conforme a la invención es una arquitectura de red Ethernet/IP con elevada disponibilidad de servicio, que permite una difusión de flujos de datos sin interrupción de servicio, coexistiendo estos flujos con otros flujos que toleran una interrupción de servicio y se caracteriza porque la red comprende una superposición de dos arquitecturas de redes con tolerancia de averías, de las cuales una se realiza en forma de una red única de infraestructura mallada y la otra bajo la forma de una infraestructura que comprende dos redes independientes.

Según otra característica de la invención, los equipos terminales, que tienen un requisito de disponibilidad sobre los flujos de datos que tratan, están conectados mediante dos conexiones físicas con dos equipos distintos de las infraestructuras de redes.

Según otra característica no importa que tipo de equipo terminal se comunique con cualquier otro tipo de equipo terminal.

Según también otra característica, la arquitectura es extensible en términos de redundancia.

Según también otra característica, la arquitectura es extensible en términos de tamaño de la red.

ES 2 283 985 T3

Según también otra característica, la red comprende encaminadores.

La presente invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción detallada de un modo de realización, tomado a título de ejemplo no limitativo e ilustrado por el dibujo adjunto, en el cual:

- la figura 1 es un bloque-diagrama de una arquitectura de red mallada conocida, - la figura 2 es un bloque-diagrama de una arquitectura de red conocida de dos redes independientes,

- la figura 3 es el bloque-diagrama simplificado de una arquitectura conforme a la invención, y

- las figuras 4 a 7 son bloques-diagramas de variantes conformes a la invención de la arquitectura de la figura 3.

Los equipos en cuestión en lo que sigue de la descripción son bien sea equipos de infraestructura de red (ER), o equipos terminales (ET). Los equipos de red son principalmente conmutadores Eternet (por ejemplo de marca CISCO, de la familia CATALYST™). Los equipos terminales pueden ser cualquier tipo de equipo de tratamiento de informaciones (datos o voz por ejemplo), conectados a la red. Entre los equipos terminales, se distinguen:

- Los ETS: Equipos Terminales con Simple aplicación a la red (por ejemplo una impresora),

- Los ETD: Equipos Terminales con Doble aplicación a la red (por ejemplo una estación de trabajo),

- Los ETDT: Equipos Terminales con Doble aplicación a la red y tratando flujos en tiempo real sensible (por ejemplo una "gateway radio").

En la figura 1 se ha representado el bloque-diagrama de una arquitectura de red de malla elemental conocida. Esta arquitectura redundante comprende al menos dos equipos terminales cualesquiera, respectivamente referenciados con ET1 y ET2. Cada equipo ET está conectado físicamente con dos ER. El equipo ET1 está conectado por una conexión 1 a un primer ER referenciado ER1 que está conectado con un segundo ER referenciado ER2 por una conexión 2. El equipo ET2 está conectado con ER2 por una conexión 3, y está conectado por otro lado con una conexión 4 a un tercer ER, referenciado ER3. El equipo ER3 está conectado por una conexión 5 a un cuarto ER referenciado con ER4. Este último está conectado con una conexión 6 al equipo ET1. Conexiones 7 y 8 conectan respectivamente ER1 a ER4 y ER2 a ER3. Las conexiones entre los diferentes elementos que constituyen la arquitectura se encuentran en "full duplex" en conexiones físicas de tipo cobre o fibra óptica. Esta arquitectura redundante está basada en la "doble aplicación" ("dual homing" en inglés) de los ET y la topología mallada de las redes que utilizan el nuevo estándar RSTP : Rapid Spanning Tree Protocol - IEEE 802.1w). La misma permite responder a la exigencia de interrupción máxima de 2 segundos de comunicación entre los dos ET. En el ejemplo representado, que se refiere a una situación de servicio normal, las conexiones 4 y 6 no son utilizadas por los equipos ET1 y ET2, y la conexión 7 es bloqueada por el protocolo RSTP. Así, una sola de las conexiones físicas entre los ET y los ER correspondientes es activa en un instante T y tiene por dirección la dirección virtual Mac V (dirección Mac V ET1 para ET1 y Mac V ET2 para ET2) del equipo. Una dirección IP única está asociada con la dirección Mac V. Las demás direcciones Mac no tienen dirección IP asociada.

Cuando, por ejemplo, el equipo ET1 detecta un fallo de conexión de la conexión 1, conmuta la conexión 1 hacia la conexión 6 activando la dirección virtual Mac V ET1 en la interfaz de la conexión 6. Para garantizar el tiempo de basculamiento del sistema, una trama difundida que contiene la dirección Mac V ET1 debe ser enviada a la nueva conexión activa (en el ejemplo la conexión 6) para que los ER puedan actualizar su tabla de correspondencia puertos/direcciones Mac. El tiempo de detección adicionado al del basculamiento hasta la toma en cuenta por los ER requiere generalmente menos de 2 segundos.

La función de doble aplicación tal como se ha descrito anteriormente existe de base sobre un cierto número de COTS logicales (por ejemplo UNIX (BONDING), WINDOWS™, TRU 64 (NETRAIN™), HPUNIX™ (APA™)) y materiales ("dual transceivers").

Gracias a la topología mallada utilizada, la pérdida de un equipo de red o de una conexión inter-equipos de red provoca un cálculo RSTP que pone de nuevo en servicio la conexión bloqueada en menos de 2 segundos (conexión 7 en el ejemplo dado en la figura 1).

Esta arquitectura permite por consiguiente evitar cualquier punto único de fallo ("single point of failure") y tener una reconfiguración en menos de 2 segundos en caso de avería de un ER o de una conexión física. Además, la misma está basada en soluciones estándar que permiten la utilización intensiva de los COTS y no impone, en el caso en que ello se muestre necesario, que todos los elementos del sistema tengan una doble aplicación para que puedan comunicarse entre ellos. Sin embargo, no permite resolver el requisito de menos de 0,5 segundos impuesto por los flujos en tiempo real sensibles.

La utilización de una arquitectura basada en redes independientes permite responder a este requisito. Esta arquitectura se representa en la figura 2. En esta figura, como en las figuras siguientes, los elementos similares a los de la figura 1 son indicados con las mismas referencias numéricas. A diferencia de la arquitectura de la figura 1, la de la figura 2 no comprende las conexiones 7 y 8. Los equipos ET1 y ET2 intercambian informaciones entre ellos por dos redes

ES 2 283 985 T3

independientes. La primera red pasa por los equipos ER1 y ER2 y comprende respectivamente las conexiones 1 a 3, y el segundo paso por los equipos ER3 y ER4 y comprende respectivamente las conexiones 4 a 6. Las dos conexiones físicas de las dos ET (1 y 6, y 3 y 4) son activas al mismo tiempo como se describe a continuación.

5 Cuando un ET quiere emitir, emite las mismas informaciones a las dos conexiones a la vez. El ET receptor puede bien sea recibir en una sola conexión y bascular al estado de no recepción de informaciones en el segundo, o, si su potencia de cálculo lo permite, recibir en las dos conexiones a la vez y no tener en cuenta informaciones duplicadas. En el primero caso, la exigencia de menos de 0,5 segundos solo puede ser cumplida si la frecuencia de recepción de las informaciones es lo suficientemente elevada. En el segundo caso, es posible lograr la no interrupción de servicio en caso de fallo de un elemento constitutivo de la red (por ejemplo ER o conexión), comprendidos los medios de conexión de los equipos terminales en la red.

15 Esta solución se adapta bien a los flujos en tiempo real que utilizan protocolos tales como RTP (A Transport Protocol for Real-Time Application - IETF RFC 1889), donde la eliminación de los duplicados de informaciones puede ser generada por números de secuencia. Por el contrario, para los otros tipos de flujo donde la redundancia es bastante menos tratada originalmente, los mecanismos de recepción son mucho más delicados de realizar y no son forzosamente transparentes para las aplicaciones y los orígenes lógicos de la red. Una solución sería la de solo emitir y recibir por una sola red a la vez, pero en ese momento, es la sincronización de todos los equipos terminales en la misma red la que es problemática, sobre todo en una arquitectura distribuida.

20 Otro inconveniente de esta solución reside en el hecho de que todos los equipos del sistema deben tener una doble aplicación y disponer de esta función de emisión y recepción en las dos redes, función de la cual es propietaria.

25 La solución conforme a la presente invención propone superponer la arquitectura de la red mallada con la de las redes independientes y por consiguiente beneficiarse simultáneamente de las ventajas de estas dos arquitecturas. Una superposición de este tipo es permitida por la tecnología VLAN (Redes locales virtuales, ver: VLAN trunking: IEEE 802.1q). Bien entendido, otras tecnologías que permiten la superposición de los tipos de arquitectura de red pueden ser realizadas en la arquitectura de la invención.

30 Para ello, tres clases de VLAN son emplazadas en los equipos, como se ha representado en la figura 3. Estas clases se referencian respectivamente FV, FR y FB. La clase FV utiliza como vía las conexiones 1 a 3, mientras que la clase FR utiliza como vía las conexiones 4 a 6. La clase FB utiliza como vía todas las conexiones 1 a 8.

35 La clase FB está dedicada a los flujos tolerantes a las interrupciones de servicio y conduce por todos los ER, siendo generados los bucles de nivel 2 por una instancia dedicada de RSTP/MSTP (para MSTP, ver: Multiple STP - IEEE 802.1s). Bien entendido otros protocolos al de RSTP, que permitan una configuración rápida y que gestionen los bucles de nivel 2 pueden ser utilizados en la arquitectura de la invención.

40 Como en el ejemplo de la figura 1, la vía de la clase FB en la conexión 7 es bloqueada por el protocolo RSTP en situación normal.

45 Las otras dos clases (FV y FR) se dedican a los flujos en tiempo real sensibles y conducen mediante equipos de red diferentes: ER1 y ER2 para la clase FV, ER3 y ER4 para la clase FR. Las vías de cada clase de VLAN son garantizadas diferentes gracias a una configuración apropiada de los ER.

En esta arquitectura, la redundancia asociada con la doble aplicación es gestionada por dos mecanismos independientes:

50 • para los flujos que circulan por la clase FB de VLAN, se utiliza el mecanismo de cambio de las direcciones Mac, idéntico al de la red mallada,

• para los flujos en tiempo real que circulan por las clases FV y FR de VLAN-, el mecanismo es idéntico al de las redes independientes.

55 Así, para los ET (ETD) que no utilizan los flujos en tiempo real sensibles, solo el mecanismo de redundancia de la clase FB se utiliza, lo cual permite la utilización de COTS lógicos y materiales. Para los otros tipos de ET (ETDT), los dos mecanismos deben ser implementados simultáneamente, necesitando una adaptación lógica entre las capas 2 y 3 (conexión e IP).

60 Sin embargo, esta arquitectura solo puede ser realizada si se cumplen las siguientes condiciones:

• los ET deben conectarse a los ER por una conexión VLAN que soporta el estándar 802.1q (multiplexado de VLAN en una conexión física),

65 • como la dirección Mac de una conexión de doble aplicación no está fijada, los flujos en tiempo real sensibles no pueden ser transportados más que en la modalidad difundida ("multicast" por ejemplo), por consiguiente desde un punto al menos a otro punto, lo cual es adecuado en sistemas basados en arquitecturas distribuidas.

ES 2 283 985 T3

La arquitectura descrita con referencia a la figura 3 es relativamente sencilla y fácil de realizar. La misma puede aún hacer que proporcione mayor rendimiento utilizando más ampliamente las nuevas funciones disponibles en los ER.

- 5 La primera de estas nuevas funciones es la función de “IGMP snooping” (IGMP: Internet Group Management Protocol - IETF RFC 1112 y 2236, función implementada localmente en un ER, y por consiguiente propietaria. La misma interviene únicamente en flujos difundidos en multicast.

- 10 La puesta en servicio de la función de IGMP snooping en los equipos de red, permite a los equipos terminales recibir solo los flujos multicast de los cuales tienen necesidad para operar. Así, no ven su conexión Ethernet atascada con flujos inútiles que, además, les pedirían tratamiento suplementario en recepción.

- 15 La arquitectura representada en la figura 4 permite un aumento de la redundancia a nivel de la red, lo cual es posible proporcionando a los ER el acceso a todos los VLAN. Se asegura una vía diferente para las clases FV y FR de VLAN (cuando todos los ER son operacionales) por la realización de la función de distribución de carga (“load balancing”) de los estándares RTSP/MSTP. En lugar de una sola instancia dedicada a los VLAN de la clase FB, se utilizan tres instancias RSTP de MSTP. Se obtiene así una topología parcialmente mallada como se ha representado en la figura 4. Esta figura es idéntica, desde el punto de vista físico en la figura 3. La única diferencia es que todas las clases de VLAN- (FV, FR y FB) conducen a todas las conexiones inter-ER. Además, en situación normal, RSTP bloquea una
- 20 vía para cada clase. En el ejemplo representado, la vía de la clase FB se bloquea en la conexión 2, la de la clase FV se bloquea en la conexión 8, y la de la clase FR se bloquea en la conexión 7, pero se entiende que estos bloqueos podrían realizarse de otro modo, por ejemplo en la misma conexión.

- 25 Esta arquitectura permite al sistema ser más robusto a los dobles fallos debido a las reconfiguraciones posibles relacionadas con RSTP/MSTP; las clases FR y FV de VLAN se benefician de la redundancia de la arquitectura mallada.

- 30 También es posible aumentar las posibilidades de reconfiguración de RSTP/MSTP utilizando una topología totalmente mallada tal como la representada en la figura 5. La arquitectura de la figura 5 es similar a la de la figura 4, y comprende además una conexión física 9 entre ER1 y ER3, y otra conexión física 10 entre ER2 y ER4. Estas dos conexiones 9 y 10 constituyen vías para las tres clases FV, FR y FB. En situación normal, el protocolo RSTP bloquea, por ejemplo, las vías de las tres clases FV, FR y FB en las conexiones 7, 9 y 10.

- 35 También es posible enriquecer la solución y aumentar las redundancias a nivel de los ET, utilizando la doble aplicación para las clases FR y FV de VLAN como se ha representado en la figura 6. La arquitectura de la figura 6 es idéntica, desde el punto de vista físico, a la de la figura 5. La diferencia reside en el hecho de que las conexiones 1, 3, 4 y 6 de los dos ET constituyen vías para las tres clases FV, FR y FB. El mecanismo de basculamiento entre las clases FR y FV se encuentra con ello complejo y debe ser realizado de forma juiciosa, sobre todo si se utiliza el IGMP snooping.

- 40 El conjunto de mecanismos descritos antes no son restrictivos y admiten cualquier topología redundante de red y la red puede ser incluso extendida por encaminamiento a nivel 3 por una representación de los VLAN.

- 45 En la figura 7 se ha representado un ejemplo no limitativo de arquitectura extendida. En este ejemplo, se encuentra de nuevo la arquitectura de base, tal como la descrita con referencia a las figuras 3 a 6, duplicada varias veces. Esta arquitectura extendida comprende, en el presente ejemplo, los cuatro ER “de base” ER1 a ER4. Se ha conectado ER2 y ER3 con otros ER, a saber ER5 a ER10. En este ejemplo, ER9 y ER10 son encaminadores. Estos últimos se encuentran en comunicación con otros dos ER (ER11 y ER12), que son igualmente encaminadores, y que están conectados cada uno con un ER “clásico” (tal como ER1 a ER8), a saber ER13 y ER14 respectivamente. Los ER siguientes: ER1, ER4, ER5 a ER8, ER13 y ER14 están conectados a equipos terminales. Se apreciará que los equipos terminales pueden ser uno cualquiera de los tres tipos citados al comienzo de la descripción detallada (ETS, ETD o ETD), entendiéndose que los ETS solo pueden conectarse físicamente a un solo ER a la vez, como es el caso para el que está conectado con ER6.

- 55 En conclusión, se apreciará que la arquitectura de red descrita, basada en la tecnología VLAN, la doble aplicación y los protocolos RSTP/MSTP, utiliza ventajosamente las arquitecturas de red mallada y redes independientes. La misma permite responder a las exigencias de redundancia y de disponibilidad de sistemas rigurosos en estos ámbitos con las características siguientes:

- 60 • utilización de COTS logicales o materiales para los equipos que no tienen necesidad de tratar los flujos en tiempo real sensibles,
- utilización de COTS para la infraestructura de red,
- 65 • utilización de protocolos estándar: VLAN, RSTP y MSTP,
- sin limitación de tamaño de red,

ES 2 283 985 T3

- poco impacto en las aplicaciones pues la implementación es transparente a partir del nivel 3 (IP),

- desarrollo logicial limitado a una adaptación ligera entre los niveles 2 y 3 (IP) para los equipos terminales que deben tratar los flujos en tiempo real sensibles,

- posibilidad para los receptores con una disposición de los flujos en tiempo real sensibles, de implementar un algoritmo de basculamiento o de gestión de los duplicados de la información en función de las necesidades del sistema. Este algoritmo le permite en el segundo caso asegurar la continuidad del servicio en caso de fallo,

- posibilidad de coexistencia de equipos heterogéneos tales como:

- o equipos de conexión única como una impresora,

- o equipos de conexión redundante, como estaciones de gestión, y que no tratan los flujos en tiempo real sensibles,

- o equipos que tratan todos los tipos de flujo.

REIVINDICACIONES

1. Arquitectura de red Eternet/IP, que permite una difusión de flujos de datos sin interrupción de servicio, coexis-
tiendo estos flujos con otros flujos que toleran una interrupción de servicio, **caracterizada** porque la red comprende
una superposición de dos arquitecturas de redes con tolerancia de averías, de las cuales una está realizada en for-
ma de una red única de infraestructura mallada y la otra en forma de una infraestructura que comprende dos redes
independientes.

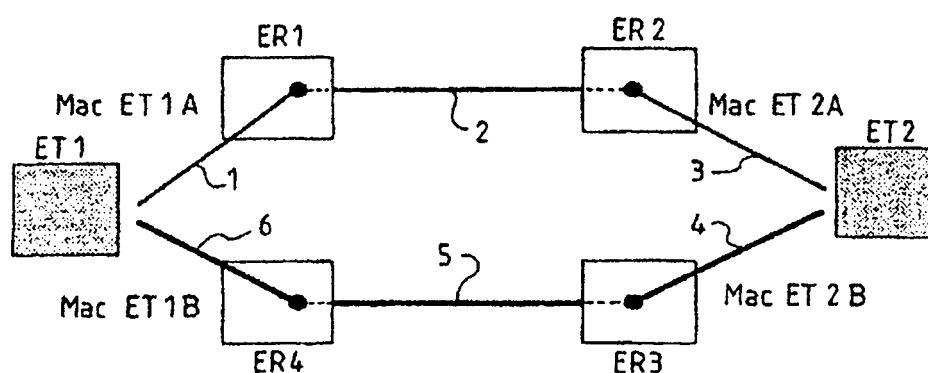
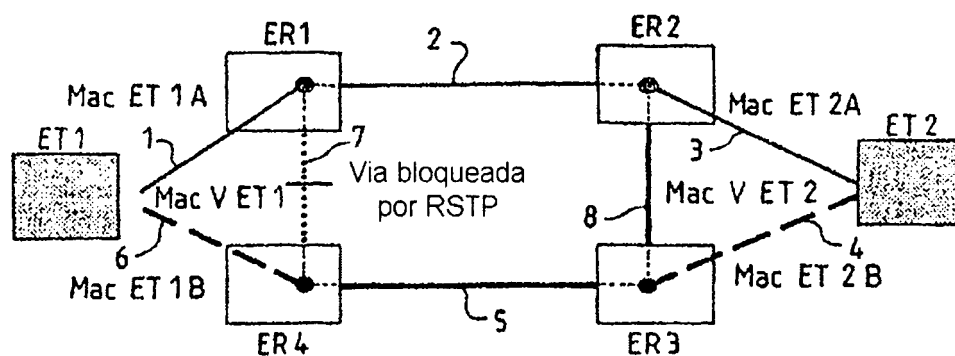
2. Arquitectura según la reivindicación 1, **caracterizada** porque los equipos terminales, que tienen un requisito de
disponibilidad sobre los flujos que tratan, están conectados por dos conexiones físicas a dos equipos distintos de las
infraestructuras de redes.

3. Arquitectura según la reivindicación 2, **caracterizada** porque se comunica cualquier tipo de equipo terminal
con cualquier otro tipo de equipo terminal.

4. Arquitectura según una de las reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizada** porque la misma es extensible en términos
de redundancia.

5. Arquitectura según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque es extensible en términos de tamaño
de red.

6. Arquitectura según la reivindicación 5, **caracterizada** porque la red comprende encaminadores.



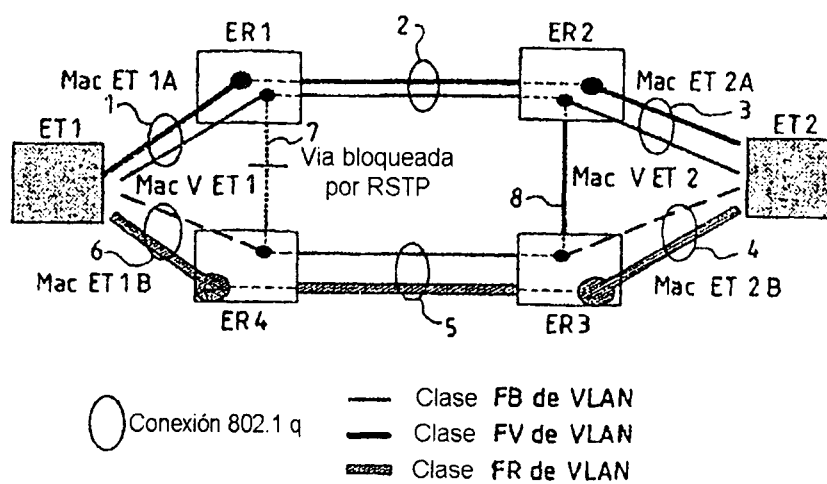


FIG.3

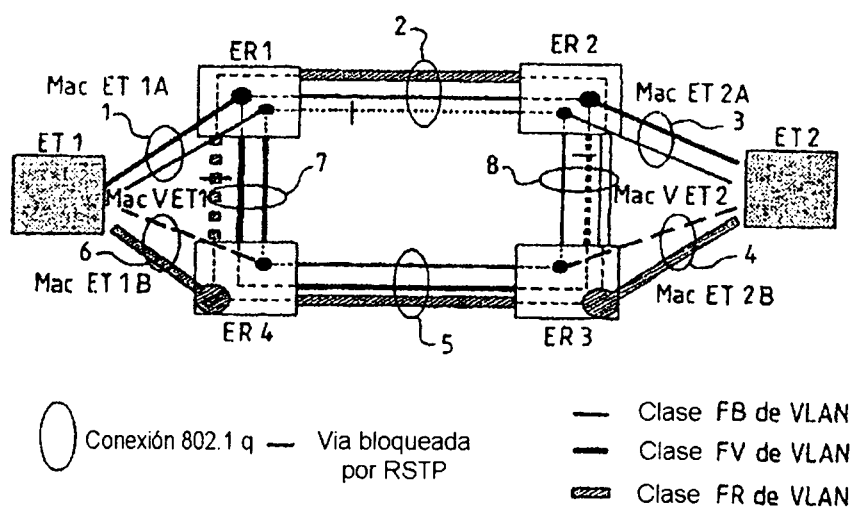


FIG.4

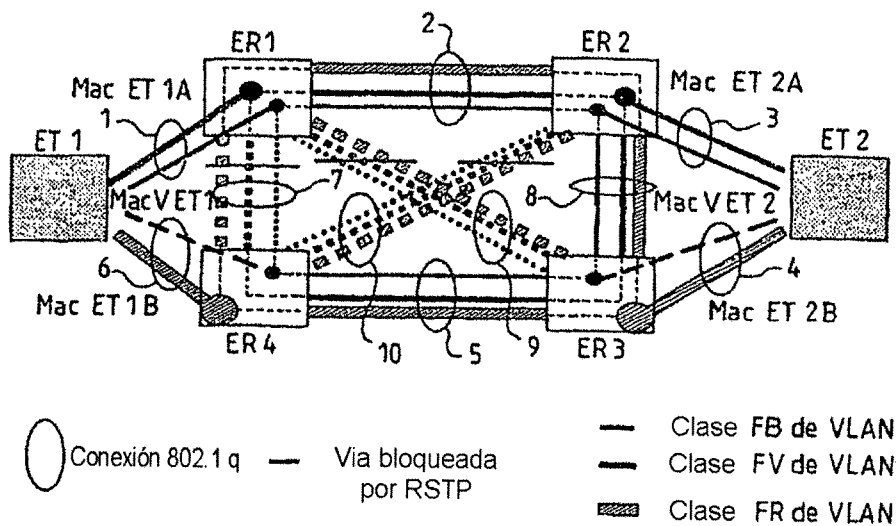


FIG.5

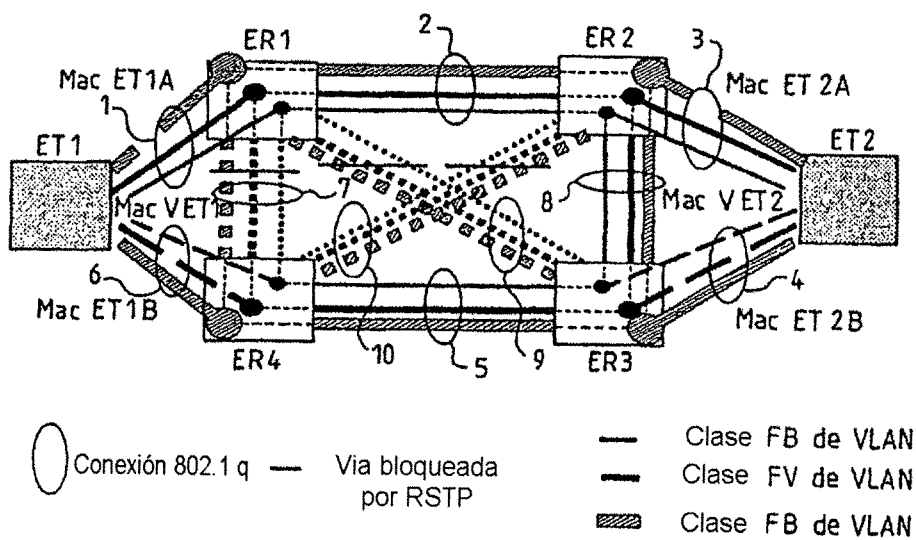


FIG.6

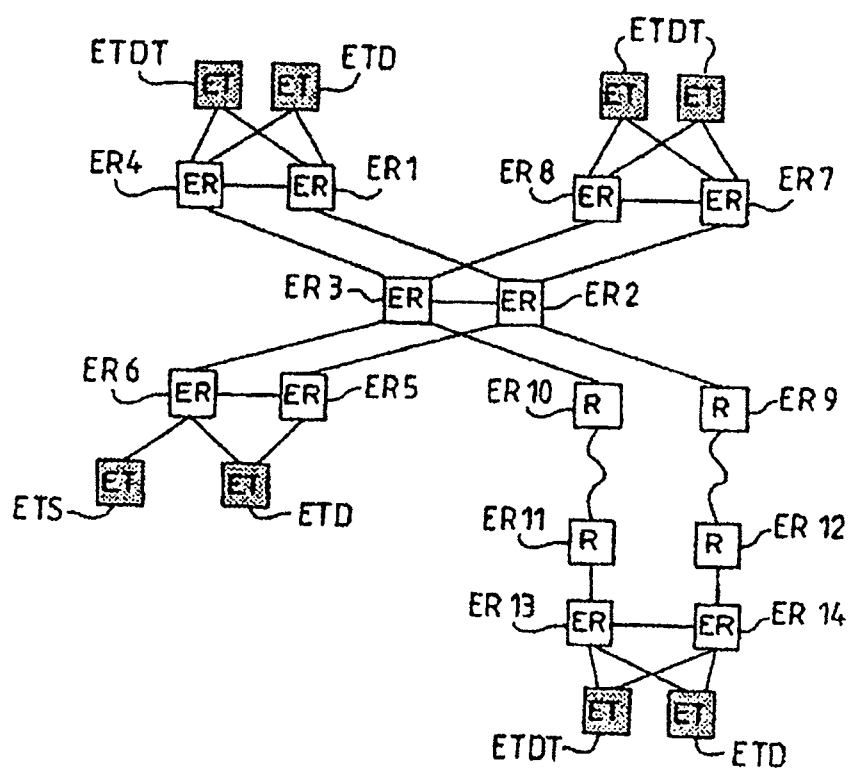


FIG.7