

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 210**

51 Int. Cl.:

H04L 12/721 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2014** **E 14306171 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017** **EP 2975809**

54 Título: **Proporcionar protección a un servicio en una red de comunicación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2017

73 Titular/es:

ALCATEL LUCENT (100.0%)
148/152 route de la Reine
92100 Boulogne-Billancourt, FR

72 Inventor/es:

BUSI, ITALO;
ADDEO, CHRISTIAN y
SESTITO, VINCENZO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 624 210 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proporcionar protección a un servicio en una red de comunicación

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de las redes de comunicaciones. En particular, la presente invención se refiere a proporcionar protección a un servicio en una red de comunicación (en particular, pero no de manera exclusiva, una red MPLS-TP) que tiene una topología de anillo.

Antecedentes de la técnica

10 Como es sabido, las redes de transporte de paquetes (PTN) pueden basarse en la tecnología MPLS-TP (Multi-Protocol Label Switching - Transport Profile), como se define por la Recomendación G.8110.1 de la UIT-T (diciembre de 2011) y por el IETF RFC 5921 (julios de 2010).

15 En una red MPLS-TP, los paquetes se envían desde un elemento red a otro basándose en las etiquetas llevadas dentro de un encabezado MPLS. En particular, a un servicio exterior que entra en la red MPLS-TP se le da una etiqueta pseudocable (abreviado como PW) mediante un Enrutador de Borde de Etiqueta (abreviado como, LER) es decir, el elemento de red de entrada/salida en la red MPLS-TP, lo que permite la emulación de una conexión de "cable virtual" a través de la PTN. A su vez, la PW (o paquete de PWs) se encapsula(n) dentro de una llamada ruta conmutada por etiqueta (abreviado como LSP), que tiene una etiqueta específica: en particular, el encabezado de cada paquete MPLS comprende al menos una etiqueta LSP. La etiqueta LSP de los paquetes MPLS que se transmitirán a lo largo de un cierto LSP tiene un valor que identifica únicamente este LSP. Cada nodo intermedio del LSP determina el siguiente salto al que los paquetes MPLS recibidos se remitirán basándose en el valor de su(s) etiqueta(s) LSP. Cada nodo intermedio también realiza típicamente un llamado "intercambio de etiqueta", es decir, reemplaza el valor de la etiqueta LSP de los paquetes MPLS recibidos con un valor de etiqueta LSP adicional, que también se asocia al mismo LSP.

25 Además, la tecnología MPLS-TP proporciona para un conjunto de funciones OAM (Operación, Administración y Mantenimiento) que permiten comprobar, en cualquier capa de conectividad definida (es decir, capa PW, capa LSP, capa de Sección, en la que una "Sección" es un segmento de red entre dos elementos de red que son inmediatamente adyacentes en la capa MPLS) la integridad, la conectividad, y los rendimientos de transmisión. Las recomendaciones estándar de referencia para las funciones OAM son, por ejemplo, la Recomendación G. 8113.1/Y. 1372.1 de la UIT-T (noviembre de 2012), en particular, los párrafos 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2, 8.1, 8.2, 9.1 y 9.1.1, y la Recomendación G.8113.2/Y.1372.2 de la UIT-T (noviembre de 2012), en particular los párrafos 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2, 8.1 y 9.1.

35 Las redes de transporte de paquetes implementan enormemente topologías de anillo. En particular, las redes de transporte de paquetes a menudo comprenden múltiples anillos interconectados. Para las redes MPLS-TP, el proyecto de Recomendación "proyecto G.8132 de protección de anillo de protección compartida MPLS-TP" de la UIT-T (mayo de 2009) y el Proyecto de Internet de la IETF "Conmutación de Protección de Anillo MPLS-TP (MRPS)", draft-helvoort-mpls-tp-ring- protection-switching-06, (18 de abril de 2014) definen un esquema de Conmutación de Protección de Anillo MPLS-TP (abreviado como MRPS) que permite proteger los flujos de tráfico de usuario transmitidos sobre una red MPLS-TP que comprende un número de elementos de red conectados por enlaces de acuerdo con una topología de anillo. En particular, de acuerdo con el esquema MRPS, los enlaces forman dos bucles rotatorios contrarios, es decir, un bucle en sentido de las agujas del reloj y un bucle en el sentido antihorario, que llevan el tráfico en direcciones opuestas en relación entre sí. En particular, el ancho de banda de cada bucle se divide en un ancho de banda de trabajo dedicado a las LSP de trabajo, es decir, las LSP que llevan flujos de tráfico de usuario, y un ancho de banda de protección dedicado a la protección de la LSP. La protección de la(s) LSP de un bucle se puede usar para portar la(s) LSP de trabajo de otro bucle en caso de fallo.

45 En caso de un fallo de enlace o elemento de red, el tráfico de usuario transmitido por la(s) LSP afectada(S) puede conmutarse para cualquier protección LSP, por ejemplo, de acuerdo con una técnica de envoltura.

50 De acuerdo con la técnica de envoltura, en un caso ejemplar de un fallo unidireccional que afecta a un enlace del bucle en el sentido de las agujas del reloj, el elemento de red que detecta el fallo (es decir, el elemento de red aguas abajo del enlace fallido) informa al elemento de red en el lado opuesto del fallo (es decir, el elemento de red aguas arriba del enlace fallido) y ambos llevan a cabo la conmutación de protección, es decir, ambos conmutan los paquetes MPLS de la(s) LSP de trabajo transmitidos sobre el enlace fallido en la protección de la(s) LSP en la dirección opuesta. De acuerdo con el ejemplo anterior, los elementos de red adyacentes al enlace fallido conmutan los paquetes en el bucle en el sentido antihorario. Por lo tanto, a partir del elemento de red aguas arriba del enlace fallido, los paquetes viajan a lo largo del bucle en sentido antihorario hasta que alcanzan el elemento de red aguas abajo del enlace fallido. Entonces, este elemento de red intercambia los paquetes de vuelta en el bucle en sentido de las agujas del reloj. El tráfico de usuario cuya dirección de trabajo es en el sentido de las agujas del reloj se protege en dirección antihoraria y viceversa.

Como es sabido, el mismo esquema descrito anteriormente puede también aplicarse para la protección a nivel del PW, en caso de que, por ejemplo, un PW se instale sobre el anillo usando la encapsulación llamada "dry-Martini".

Además, se sabe que una red de transporte de paquete MPLS-TP puede transportar paquetes relacionados con un servicio exterior a lo largo de una conexión punto a punto establecida para permitir la comunicación entre los dispositivos cliente externos que se fijan a la red de transporte de paquete. Entre los ejemplos de tecnologías de cliente tenemos: IP (Protocolo de Internet), Ethernet, Canal de Fibra (FC), Modo de Transferencia Asíncrono - ATM, Relé de Bastidor, red óptica síncrona/jerarquía digital síncrona - SONET/SDH.

Servicios de transporte de cliente compatibles con redes MPLS-TP, aprovisionando circuitos PW como tanto Servicios LAN Privados Virtuales (VPLS) como Servicios de Cable Privados Virtuales (VPWS), como se define por la RFC 4664 de la IETF (septiembre de 2006).

En el lado del dispositivo cliente, la implementación de un esquema de redundancia de "conexión de doble anillo" conocido implica que el dispositivo cliente se fija a la red de transporte de paquetes sobre dos interfaces de red de usuario diferentes (abreviado como UNI) que se ubican en dos elementos de red diferentes (es decir, los LER), denominados en lo siguiente como "elementos de red de conexión de doble anillo (abreviado como DG)". Cada interfaz de red de usuario se conecta a la red y, dependiendo de la política implementada, tanto un comportamiento "activo/en reposo" como un comportamiento de "equilibrio de carga" puede aplicarse. En el primer caso, solo una interfaz de red de usuario está activa al mismo tiempo (la interfaz de red de usuario "primaria"). La otra interfaz de red de usuario se activa solo en caso de que la interfaz de red primaria falle. En el segundo caso, ambas interfaces de red de usuario están "activas" y la carga de tráfico se divide ("equilibra") apropiadamente por el dispositivo cliente sobre los dos enlaces de fijación.

De acuerdo con el esquema de conexión de doble anillo típico, la determinación de la interfaz de red de usuario activa se lleva a cabo tomando en consideración el estado de las dos interfaces de red de usuario y el estado de los elementos de red DH, pero no se toma en consideración el estado de la red de transporte de paquete. La palabra "estado" en el presente documento se refiere a considerar tanto las condiciones de fallo como las operaciones administrativas que implican a los elementos de red DH y en particular las interfaces de red usuarias.

El documento US 2013/0259067 A1 desvela un procedimiento para proporcionar un túnel MPLS adaptado para compartir el ancho de banda (BW) en una red MPLS. El procedimiento comprende establecer el túnel MPLS como un túnel MPLS de trabajo (ST) que se compartirá con una pluralidad de pseudocables (PW) que pasan al menos parcialmente a lo largo de la ruta del túnel ST, en el que un ancho de banda predeterminado del ancho de banda asignado para el ST se adapta para compartirse por una pluralidad de PW, de al menos un PW tiene un punto de origen diferente y/o un punto de finalización de destino diferente en la ruta ST, de al menos otro de entre la pluralidad de PW.

Sumario de la invención

Los inventores apuntaron que mientras que el esquema MRPS puede proteger el tráfico relacionado con un servicio punto a punto dentro de la red MPLS-TP, un esquema de redundancia de conexión de doble anillo puede aplicarse para proteger el servicio punto a punto con respecto a fallos que impactan en los LER (es decir, los elementos de red en el borde de la red MPLS-TP) al que los dispositivos clientes externos se fijan y los enlaces que conectan los LER a los dispositivos cliente externos.

Los inventores señalaron adicionalmente que, en principio, un esquema de redundancia de conexión de doble anillo puede implementarse proporcionando un Servicio de LAN Privado Virtual Ethernet (VPLS) sobre la red MPLS-TP y creando instancias de una Instancia de Conmutador Virtual (VSI), para cada uno de los dos elementos de red DH. En particular, una configuración jerárquica de cadena de tipo margarita, llamada H-VPLS de cadena de tipo margarita, puede proporcionarse alrededor del anillo. Comprende una cadena de tipo margarita de PW concatenados, conectando cada PW dos VSL adyacentes. Se describe un modelo de VPLS jerárquico en la RFC 4762 de la IETF (enero de 2007).

Sin embargo, el H-VPLS se aplica solo al tráfico del cliente Ethernet. De hecho, como se describió en la RFC 4762 de la IETF (enero de 2007), el H-VPLS se basa en un aprendizaje y reenvío de la dirección MAC de la Ethernet. Por lo tanto, el H-VPLS no es aplicable para el transporte de otro servicio exterior (por ejemplo, un servicio ATM).

Por otra parte, el H-VPLS es un servicio multipunto a multipunto. Incluso si el H-VPLS puede llevar el servicio exterior punto a punto, es afectado por una escalabilidad limitada. De hecho, la implementación de un servicio multipunto a multipunto es más compleja y consumidora de recursos que la implementación de un servicio punto a punto. En realidad, un elemento de red típicamente soporta un número de instancias de servicios multipunto a multipunto mucho menores que el número de instancias de servicios punto a punto.

Además, en caso de fallo de la interfaz de usuario de la red en el elemento de red DH, el tiempo de recuperación es mayor cuando se implementa un servicio multipunto a multipunto en lugar de un servicio punto a punto. De hecho, como se sabe, la implementación de un servicio de Ethernet implica que, al detectar el fallo, los elementos de red descargan las direcciones MAC asociadas con la instancia VPLS. Los paquetes de la VPLS se inundan sobre los

pseudocables correspondientes hasta todos los elementos de red que participan en la VPLS. Por lo tanto, los tiempos de recuperación comprenden, además del tiempo necesario para la conmutación de protección, el tiempo de inundación. Por otra parte, después de que se lleve a cabo la inundación hasta que las direcciones MAC se aprendan de nuevo por los elementos de red, la inundación de los paquetes consume un mayor ancho de banda

- 5 En vista de lo anterior, el Solicitante ha enfrentado el problema de proporcionar protección a un servicio punto a punto transportado en una red de comunicación de paquetes, en particular en una red de anillo de MPLS-TP, que permite superar los inconvenientes descritos anteriormente.

10 En particular, el Solicitante ha enfrentado el problema de proporcionar protección a un servicio punto a punto transportado sobre una red de comunicación conmutada por etiqueta, en particular en una red de anillo de MPLS-TP, que es aplicable a cualquier tipo de servicio exterior punto a punto (es decir, IP, Ethernet, ATM, FC, Relé de Bastidor, SONET/SDH, PDH, etc.).

15 En la siguiente descripción y en las reivindicaciones, los dos elementos de red DH se denominarán también como "sistema de redundancia de conexión de doble anillo". Por otra parte, la expresión "estado del sistema de redundancia de conexión de doble anillo" comprenderá tanto las condiciones de fallo como las operaciones administrativas que impliquen a los elementos de red DH y en particular a las interfaces de red usuarias.

20 Además, en la siguiente descripción y en las reivindicaciones, el término "paquetes", cuando no se especifica lo contrario, indica los paquetes relacionados con el servicio exterior punto a punto transportados sobre la red de comunicación por medio de un servicio de cable privado virtual. En particular, la expresión "paquetes ascendentes" indica los paquetes del servicio de cable privado virtual transportado sobre la red de comunicación en una dirección aguas arriba, es decir, en dirección desde la red de comunicación hasta el dispositivo cliente externo. La expresión "paquetes descendentes" indicará los paquetes del servicio de cable privado virtual transportado sobre la red de comunicación de paquetes en una dirección aguas abajo, es decir, desde el dispositivo cliente externo hasta la red de comunicación de paquetes.

25 De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención proporciona una red de comunicación conmutada por etiqueta que tiene una topología de anillo, la red de comunicación se configura para proporcionar un servicio de cable privado virtual para soportar un servicio exterior punto a punto transportado sobre la red de comunicación entre un primer borde y un segundo borde del mismo, comprendiendo la red:

- un elemento de red primario y un elemento de red secundario que forma un sistema de redundancia de conexión de doble anillo para finalizar el servicio punto a punto en el primer borde;
- 30 - un pseudocable de transporte para conectar el elemento (A) de red primario a un elemento de red adicional que finaliza el servicio punto a punto en el segundo borde; y
- un pseudocable de apareamiento para conectar el elemento de red primario y el elemento de red secundario, configurándose el elemento de red primario para:
 - enviar paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual sobre el pseudocable de transporte hacia una interfaz de red de usuario de tanto el elemento de red primario como del elemento de red secundario, dependiendo del estado del sistema de redundancia de conexión de doble anillo; y
 - enviar sobre el pseudocable de transporte paquetes descendentes del servicio de cable de red privado virtual que vienen de su interfaz de red de usuario y/o paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable de apareamiento, en el que la red de comunicación de paquetes conmutado por
 - 40 etiqueta se configura para implementar un esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección al pseudocable de transporte y dicho pseudocable de apareamiento.

Preferentemente, la red es una red de conmutación por etiquetas multiprotocolo - perfil de transporte.

Preferentemente, el esquema de conmutación de protección de anillo es un esquema de conmutación de protección de anillo MPLS.TP.

45 De manera provechosa, el pseudocable de transporte y el pseudocable de apareamiento tienen asociada una misma etiqueta de pseudocable para cada dirección a lo largo de la red.

Preferentemente, el pseudocable de transporte tiene asociada una misma etiqueta sobre todos los saltos de la red de comunicación entre el elemento de red primario y el elemento de red adicional.

50 De acuerdo con realizaciones de la presente invención, el pseudocable de transporte y el pseudocable de apareamiento se asignan en un túnel de transporte y un túnel de apareamiento, respectivamente.

Preferentemente, el túnel de transporte y el túnel de apareamiento tienen asignada una misma etiqueta de túnel para cada dirección a lo largo de la red.

Preferentemente, en caso de un fallo que afecta a un enlace bidireccional entre el elemento de red primario y el elemento de red secundario:

- el elemento de red primario se configura para enviar paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual, llevado sobre el pseudocable de transporte, hacia su interfaz de red usuaria;
- el elemento de red secundario se configura para conmutar paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual, que vienen de su interfaz de red usuaria, a una ruta de protección del pseudocable de apareamiento; y
- 5 - el elemento de red primario se configura además para enviar, sobre el pseudocable de transporte, paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual, que vienen de su interfaz de red usuaria, y/o los paquetes descendentes conmutados.

10 Preferentemente, en caso de un fallo que afecta a la interfaz de red de usuario del elemento (A) de red primario, el elemento de red primario se configura para enviar paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual hacia la interfaz de red de usuario del elemento de red secundario, y para enviar sobre el pseudocable de transporte paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable de apareamiento.

15 Preferentemente, en caso de un fallo que afecta al elemento de red primario, el elemento de red secundario se configura para conmutar paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual, que vienen de su interfaz de red usuaria, a una ruta de protección del pseudocable de apareamiento, y para enviar hacia su interfaz de red de usuario paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual llevados sobre una ruta de protección adicional del pseudocable de transporte.

20 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un elemento de red para una red de comunicación de paquetes conmutada por etiqueta que tiene una topología de anillo, la red de comunicación se configura para proporcionar un servicio de cable privado virtual para soportar un servicio exterior punto a punto transportado sobre la red de comunicación entre un primer borde y un segundo borde del mismo, formando el elemento de red un sistema de redundancia de conexión de doble anillo con un elemento de red adicional de la red de comunicación, el sistema de redundancia de conexión de doble anillo que finaliza el servicio punto a punto en el primer borde, conectándose el elemento de red a un elemento de red aún adicional por un pseudocable de transporte, finalizando el elemento de red aún adicional el servicio punto a punto en el segundo borde, conectándose el elemento de red al elemento de red adicional por un pseudocable de apareamiento, comprendiendo el elemento de red:

- un selector aguas arriba configurado para enviar paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual sobre el pseudocable de transporte hacia una interfaz de red de usuario de tanto el elemento de red como del elemento de red adicional, dependiendo del estado del sistema de redundancia de conexión de doble anillo; y
- 30 - un selector adicional configurado para enviar sobre el pseudocable de transporte paquetes descendentes del servicio de cable de red privado virtual que vienen de la interfaz de red de usuario del elemento (A) de red y/o paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable de apareamiento, en el que el elemento de red se configura adicionalmente para implementar un esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección al pseudocable de transporte y el pseudocable de apareamiento.

35 Preferentemente, el selector adicional se configura para combinar paquetes descendentes del servicio de cable de red privado virtual que vienen de la interfaz de red de usuario del elemento de red y paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable de apareamiento.

40 Preferentemente, la interfaz de red de usuario del elemento de red comprende una herramienta OAM configurada para detectar tanto un fallo que implica la interfaz de red usuaria, como un dispositivo cliente externo fijado a la interfaz de red de usuario o el enlace que conecta el elemento de red al dispositivo cliente externo.

45 Preferentemente, en caso de un fallo que implica a la interfaz de red usuaria, el selector ascendente se configura para enviar paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual, llevado sobre el pseudocable de transporte, hacia la interfaz de red de usuario del elemento de red adicional, y el selector además se configura para enviar sobre el pseudocable de transporte, paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable de apareamiento.

50 Preferentemente, en caso de un fallo que afecta a un enlace bidireccional entre el elemento de red y el elemento de red adicional, el selector ascendente se configura para enviar paquetes ascendentes del servicio de cable privado virtual, llevado sobre el pseudocable de transporte, hacia la interfaz de red de usuario del elemento de red, y el selector adicional se configura para enviar, sobre el pseudocable de transporte, paquetes descendentes del servicio de cable de red privado virtual que vienen de la interfaz de red de usuario del elemento (A) de red y/o paquetes descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en una ruta de protección del pseudocable de apareamiento.

Breve descripción de los dibujos

55 La presente invención se hará más aparente leyendo la siguiente descripción detallada, dada a modo de ejemplo y no de limitación, para leerse en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra esquemáticamente una red de comunicación de acuerdo con la presente invención;
- la figura 2 muestra esquemáticamente un elemento de red de un esquema de redundancia de conexión de doble anillo en la red de comunicación de la figura 1;
- 5 - la figura 3 muestra esquemáticamente dos elementos de red del esquema de redundancia de conexión de doble anillo operando en condiciones normales;
- la figura 4 muestra esquemáticamente la operación de los elementos de red de conexión de doble anillo de la figura 3 en caso de que un fallo afecta al enlace entre ellos;
- la figura 5 muestra esquemáticamente la operación de los elementos de red de conexión de doble anillo en caso de que un fallo afecte a una interfaz de red usuaria; y
- 10 - la figura 6 muestra esquemáticamente la operación de los elementos de red de conexión de doble anillo y un elemento de red adicional en caso de que un fallo afecte a uno de los dos elementos de red de conexión de doble anillo.

Descripción de las realizaciones preferentes de la invención

15 La figura 1 muestra esquemáticamente una red CN de comunicación de acuerdo con una realización de la presente invención. La red CN de comunicación es preferentemente una red conmutada por etiquetas. Más preferentemente, la red CN de comunicación es una red MPLS-TP.

20 La red CN de comunicación preferentemente comprende un número de elementos conectados de acuerdo con una topología de anillo única. En particular, la red CN de comunicación comprende, a modo de ejemplo no limitante, seis elementos A, B, C, D, E, F de red conectados por seis vínculos unidireccionales físicos (por ejemplo, enlaces de fibra óptica) que forman un bucle CWR en el sentido de las agujas del reloj y seis enlaces unidireccionales físicos (por ejemplo, enlaces de fibra óptica) que forman un bucle CCWR en sentido antihorario.

25 Preferentemente, los elementos de red de la red CN de comunicación implementan un esquema de conmutación de protección de anillo, más preferentemente el esquema MRPS. De acuerdo con el esquema MRPS, el ancho de banda asociado con cada enlace unidireccional se divide entre una parte de "trabajo" y una parte de "protección". En la figura 1, para cada bucle, esta parte de "trabajo" se representa en color gris, mientras que la parte de "protección" se representa en color blanco.

30 La red CN de comunicación soporta preferentemente al menos un servicio punto a punto de Red Privada Virtual (VPN). Más preferentemente, la red CN de comunicación soporta al menos un Servicio de Cable Privado Virtual (VPWS), como se describe en la RFC 4664 de la IETF (septiembre de 2006). Preferentemente el al menos un servicio punto a punto VPN, en particular, el al menos un servicio de cable privado virtual, implementa un servicio exterior punto a punto que permite un intercambio bidireccional de paquetes entre los dispositivos cliente externos fijados a la red CN de comunicación en dos bordes de la misma. Los dispositivos clientes pueden ser dispositivos IP, dispositivos Ethernet, dispositivos de Canal de Fibra, dispositivos ATM, dispositivos SDH/SONET, dispositivos PDH, etc. En particular, como ejemplo no limitante, se asume que el servicio punto a punto permite un intercambio bidireccional de paquetes entre un dispositivo D1 cliente externo fijado a la red CN de comunicación en un borde de la misma a través de un sistema de redundancia de conexión de doble anillo que implementa un esquema de redundancia de conexión de doble anillo y que comprende un elemento A de red y un elemento B de red, y otro dispositivo cliente externo (no mostrado en la figura 1) fijado a la red CN de comunicación en otro borde de la misma a través del elemento E de red. Este intercambio bidireccional de paquetes se representa en la figura 1 mediante una flecha bidireccional sólida, que también representa la ruta nominal de los paquetes del servicio punto a punto dentro de la red CN de comunicación.

El sistema de redundancia de conexión de doble anillo mostrado en la figura 1 proporciona una conexión del servicio punto a punto sobre diferentes interfaces UNI-A, UNI-B de red de usuario que se ubican en los elementos A, B de red.

45 Como un ejemplo no limitante, también se asume que el esquema de redundancia de conexión de doble anillo se opera sobre una pareja de dispositivos D1, D2 cliente externos como se muestra en la figura 1, de manera que un dispositivo D1, D2 cliente externo se fija a cada elemento A de red y elemento B de red del sistema de redundancia de conexión de doble anillo. El uso de una pareja de dispositivos clientes externos puede proporcionar protección contra fallos que afectan posiblemente al dispositivo cliente externo, o pueden usarse cuando, por ejemplo, se implementan mecanismos de equilibrio de carga. Sin embargo, las configuraciones del (de los) dispositivo(s) externo(s) no es relevante en la presente invención y, por lo tanto, no se describirán en mayor detalle en el presente documento.

55 Se asume que en la red CN de comunicación, una primera ruta WP1 de trabajo se ubica sobre la parte de "trabajo" del bucle CWR en el sentido de las agujas del reloj, para llevar los paquetes del servicio de cable privado virtual desde el elemento E de red hasta los elementos A, B de red del sistema de redundancia de conexión de doble anillo. Por otra parte, preferentemente, una primera ruta PP1 de protección circular se ubica de manera correspondiente sobre el bucle de dirección opuesto, por ejemplo, sobre la parte de "protección" del bucle CCWR en sentido antihorario. La primera ruta PP1 de protección proporciona una protección a la primera ruta WP1 de trabajo.

De manera similar, una segunda ruta WP2 de trabajo se aloja preferentemente sobre la parte de "trabajo" del bucle CCWR antihorario, para llevar los paquetes del servicio de cable privado virtual desde los elementos A, B de red del sistema de redundancia de conexión de doble anillo hasta el elemento E de red. Por otra parte, preferentemente, una segunda ruta PP2 de protección circular se ubica de manera correspondiente sobre el bucle de dirección opuesto, por ejemplo, sobre la parte de "protección" del bucle CWR en el sentido de las agujas del reloj. La segunda ruta PP2 de protección proporciona una protección a la segunda ruta WP2 de trabajo alojada sobre el bucle CCWR en sentido antihorario.

En la figura 1, las rutas de trabajo se indican mediante líneas sólidas, mientras que las rutas de protección se indican mediante líneas discontinuas.

En la siguiente descripción,

- los "elementos de red de conexión de doble anillo (abreviado como DH)" son los elementos de red que están implicados en el esquema de redundancia de conexión de doble anillo; en la red CN de comunicación ejemplar de la figura 1, los elementos de red DH son elementos A y B de red;
- la "dirección aguas arriba" se define en el presente documento como la dirección de los paquetes del servicio de cable privado virtual desde la red CN de comunicación hasta el(los) dispositivos D1, D2 cliente externos, y la "dirección aguas abajo" se define aquí como la dirección opuesta; en la red CN de comunicación ejemplar de la figura 1, la dirección aguas arriba es la dirección desde el elemento E de red hasta los elementos A, B de red DH sobre el bucle en el sentido de las agujas del reloj, y la dirección aguas abajo es la dirección desde los elementos A, B de red DH hasta el elemento E de red sobre el bucle en sentido antihorario;
- el elemento de red DH "primario" es el elemento de red DH que entrega los paquetes desde el anillo hasta el dispositivo externo, en dirección aguas arriba, en condiciones normales (es decir, en ausencia de fallos o comandos administrativos); el otro elemento de red DH se denomina como elemento de red DH "secundario". El elemento de red DH "primario" de los dos elementos de red DH se selecciona preferentemente mediante un operador de red. En la situación ejemplar de la figura 1, se asume que el elemento de red DH primario es el elemento A de red y el elemento de red DH secundario es el elemento B de red; y
- el elemento de red "borde análogo" es el elemento de red donde el servicio cliente exterior punto a punto se finaliza en el lado opuesto de la red CN de comunicación con respecto al sistema de redundancia de conexión de doble anillo. En la situación ejemplar de la figura 1, el elemento de red de borde análogo es el elemento E de red.

Cabe señalar que la situación representada en la figura 1, en la que el servicio de cable privado virtual se finaliza, sobre un lado de la red CN de comunicación, sobre el sistema de redundancia de conexión de doble anillo (que comprende los elementos A y B de red DH) y, por otra parte, sobre un elemento de red único (es decir, el elemento E de red), se proporciona en el presente documento a modo de ejemplo solo. De hecho, la presente invención se aplica también a otras situaciones en las que, por ejemplo, el servicio finaliza sobre un sistema de redundancia de conexión de doble anillo sobre ambos lados de la red CN de comunicación.

Por otra parte, la presente invención se aplica de manera similar tanto a redes de comunicación que tienen una única topología de anillo, tal como la red CN de comunicación mostrada en la figura 1, como las redes de comunicación que comprende un número de anillos interconectados.

Además, mientras que, a modo de ejemplo, en la figura 1 se asume que los paquetes ascendentes viajan en el sentido de las agujas del reloj en la red CN de comunicación, la presente invención puede aplicarse de manera similar en caso de que los paquetes ascendentes viajan en sentido antihorario a lo largo de la red CN de comunicación. En este caso, el elemento de red DH primario podría ser un elemento B de red y el elemento de red DH secundario podría ser el elemento A de red.

De acuerdo con la presente invención, para un cierto servicio exterior punto a punto:

- en la dirección aguas abajo, la red CN de comunicación puede recibir paquetes desde el(los) dispositivo(s) D1, D2 cliente externo(s) sobre una interfaz UNI-A, UNI-B de red de usuario de un elemento A, B de red DH correspondiente o sobre ambas interfaces UNI-A y UNI-B de red de usuario de ambos elementos A y B de red DH. En particular, si las dos interfaces UNI-A y UNI-B de red de usuario implementan un algoritmo de equilibrio de carga, la red CN de comunicación puede recibir paquetes desde ambos; y
- en la dirección aguas arriba, la red CN de comunicación entrega preferentemente paquetes al elemento A de red DH primario o al elemento B de red DH secundario dependiendo de qué interfaz UNI-A, UNI-B de red de usuario está activa (es decir, sobre qué interfaz de red de usuario no se afecta por fallos o comandos administrativos), como se describirá en mayor detalle a continuación en el presente documento.

La figura 2 muestra esquemáticamente el elemento A de red DH primario de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

Preferentemente, el elemento A de red DH primario comprende un selector SEL ascendente que se configura preferentemente para enviar paquetes en la dirección aguas arriba hacia tanto la interfaz UNI-A de red de usuario local como la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario. En particular, el selector SEL ascendente se configura preferentemente para enviar paquetes en dirección aguas arriba hacia la interfaz UNI-A de

red de usuario en condiciones normales, y para enviar paquetes hacia la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario en presencia de fallos o comandos administrativos que afecten a la interfaz UNI-A de red de usuario local.

5 Por otra parte, de acuerdo con una realización de la presente invención, que es aplicable cuando la red CN de comunicación puede recibir paquetes desde ambas interfaces UNI-A y UNI-B de red de usuario de los elementos A y B de red DH y que se representa en la figura 2, el elemento A de red DH primario comprende un selector MSEL de combinación descendente que se configura para combinar paquetes que vienen en la dirección aguas abajo desde ambas interfaces UNI-A y UNI-B de red de usuario local y la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundaria.

10 De acuerdo con una realización alternativa, que es aplicable cuando la red CN de comunicación puede recibir paquetes solo desde una interfaz UNI-A, UNI-B de red de usuario de un elemento A, B de red DH, el elemento A de red DH primario comprende, en lugar del selector MSEL de combinación descendente, un selector descendente (no mostrado en las figuras) similar al selector SEL ascendente mencionado anteriormente.

15 La operación del selector SEL ascendente y el selector de combinación/descendente permite ventajosamente implementar un esquema de protección para los elementos de red de conexión de doble anillo, que, en combinación con el esquema de conmutación de protección de anillo, proporciona protección total para el servicio exterior punto a punto.

20 Después en el presente documento, una descripción detallada de operaciones de los elementos de red para proporcionar protección a un cierto servicio exterior punto a punto compatible, en la red CN de comunicación, mediante un servicio de cable privado virtual correspondiente, se proporcionará.

A modo de simplicidad, la siguiente descripción y las figuras se centrarán en la situación más general de acuerdo con la cual, la red CN de comunicación puede recibir paquetes desde ambas interfaces UNI-A y UNI-B de red de usuario de ambos elementos A y B de red DH.

25 De acuerdo con la presente invención, en el elemento A de red DH primario, el servicio de cable privado virtual se proporciona preferentemente aprovisionando un primer (concatenado) pseudocable compatible con el servicio entre el primer elemento A de red DH y el elemento E de red de borde análogo y se asignan en las rutas WP1 y WP2 de trabajo. Este primer (concatenado) pseudocable se denominará como "pseudocable de transporte" y se indica en las figuras 1 y 2 con flechas de líneas sólidas con el texto de referencia "T_PW".

30 En la siguiente descripción, la expresión "aprovisionar un pseudocable" en un elemento de red indicará las operaciones de crear/modificar/eliminar un pseudocable entre ese elemento de red y otro elemento de red de la red CN de comunicación, que determina un conjunto de parámetros para el pseudocable, tal como, por ejemplo, un tipo de encapsulado y un ancho de banda disponible para el pseudocable, y configurar el elemento de red en consecuencia. Sin embargo, las operaciones para aprovisionar un pseudocable se conocen y solo aquellos que son relevantes en la presente invención que se describirá a continuación en el presente documento.

35 En particular, aprovisionar el pseudocable T_PW de transporte en el elemento A de red DH primario preferentemente comprende configurar la interfaz UNI-A de red de usuario local para finalizar el pseudocable T_PW de transporte. Por otra parte, preferentemente, aprovisionar el pseudocable T_PW de transporte en el elemento A de red DH primario también comprende configurar el elemento A de red DH primario para implementar el esquema de conmutación de protección de anillo, en particular el esquema MRPS, para proteger los paquetes llevados por el pseudocable T_PW de transporte y asignarse sobre las rutas WP1, WP2 de trabajo, conmutando estos paquetes en las rutas PP1, PP2 de protección correspondientes.

40 Por otra parte, por el mismo servicio de cable privado virtual, un segundo pseudocable que conecta el elemento A de red DH primario y el elemento B de red DH secundario se aprovisiona preferentemente en el elemento A de red DH primario y asignado sobre las rutas WP1, WP2 de trabajo correspondiente. Este segundo pseudocable se denominará como "pseudocable de apareamiento" y se indica en las figuras 1 y 2 con una flecha de línea discontinua con el texto de referencia "M_PW".

45 Preferentemente, aprovisionar el pseudocable M_PW de apareamiento en el elemento A de red DH primario comprende configurar el elemento A de red DH primario para implementar el esquema de conmutación de protección de anillo, en particular el esquema MRPS, para proteger los paquetes llevados por el pseudocable M_PW de apareamiento y asignarse sobre las rutas WP1, WP2 de trabajo, conmutando estos paquetes en las rutas PP1, PP2 de protección correspondientes.

50 Además, de acuerdo con la presente invención, en el elemento A de red DH primario, una capacidad de interoperar con el dispositivo D1 cliente externo, a través de las herramientas OAM apropiadas para la integridad/continuidad del enlace de interconexión, es preferente proporcionado en la interfaz UNI-A de red de usuario local. En otras palabras, una herramienta OAM se configura para detectar tanto un fallo que implica la interfaz UNI-A de red de usuario local, como el dispositivo D1 o el enlace que conecta el elemento (A) de red DH primario al dispositivo D1 cliente externo.

Por el mismo servicio de cable privado virtual, en el elemento B de red DH secundario, el pseudocable M_PW de apareamiento se aprovisiona preferentemente. En particular, aprovisionar el pseudocable M_PW de aprovisionamiento en el elemento B de red DH secundario preferentemente comprende configurar la interfaz UNI-B de red de usuario local para finalizar el pseudocable M_PW de apareamiento. Por otra parte, preferentemente, aprovisionar el pseudocable M_PW de apareamiento en el elemento B de red DH secundario también comprende configurar el elemento B de red DH secundario para implementar el esquema de conmutación de protección de anillo, en particular el esquema MRPS, para proteger los paquetes llevados por el pseudocable M_PW de apareamiento y asignarse sobre las rutas WP1, WP2 de trabajo, conmutando estos paquetes en las rutas PP1, PP2 de protección correspondientes.

Además, de acuerdo con la presente invención, en el elemento B de red DH secundario, una capacidad de interoperar con el dispositivo D2 cliente externo fijado al elemento B de red DH secundario, a través de las herramientas OAM apropiadas para la integridad/continuidad del enlace de interconexión, es preferente proporcionado también en la interfaz UNI-B de red de usuario local. En otras palabras, una herramienta OAM se configura también para detectar tanto un fallo que implica a la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario, como el dispositivo D2 de cliente externo o el enlace que conecta el elemento de red DH secundario en el dispositivo D2 cliente externo.

Entre ejemplos de posibles herramientas OAM operadas en la interfaz UNI-A, UNI-B de red de usuario de los elementos A, B de red DH son: Detección de Pérdida de Señal "física", Comprobación de Continuidad MPLS-TP (como se describió, por ejemplo, en las Recomendaciones G. 8113.1/2 de la UIT-T anteriormente citadas), CMM Ethernet (como se describió en, por ejemplo, La Recomendación G.8013/Y.1731 de la UIT-T, noviembre de 2013, en particular en los párrafos 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 9.1, 9.2, 10.1 y 10.2), Ethernet en la "primera milla" (como se describió en, por ejemplo, El estándar IEEE 802.3ah, Septiembre de 2004), BFD MPLS (como se describió en, por ejemplo, La RFC de la IETF 5884, junio de 2010).

De acuerdo con realizaciones de la presente invención, el selector SEL y el selector MSEL de combinación en el primer elemento A de red DH primario se configuran para operar como se describe a continuación.

En condiciones normales (es decir, en ausencia de fallos que afecta a la interfaz UNI.A de red de usuario local y/ el dispositivo D1 cliente externo y/o el enlace que conecta el elemento A de red DH primario al dispositivo D1 cliente externo), el selector SEL se configura preferentemente para enviar los paquetes del servicio de cable privado virtual que vienen desde el nodo F de red dirigidos al dispositivo D1 cliente externo (es decir, en sobre la dirección aguas arriba) hacia la interfaz UNI-A de interfaz de red de usuario local sobre el pseudocable T_PW de transporte (línea sólida en la figura 2) asignado sobre la primera ruta WP1 de trabajo. En presencia de un fallo que afecta a la interfaz UNI.A de red de usuario local y/ el dispositivo D1 cliente externo y/o el enlace que conecta el elemento A de red DH primario al dispositivo D1 cliente externo, el selector SEL se configura preferentemente para enviar los paquetes del servicio de cable privado virtual hacia la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario sobre el pseudocable M_PW de apareamiento (línea discontinua-con puntos en la figura 2) asignado sobre la primera ruta WP1 de trabajo.

En el DH primario red A elemento, el selector MSEL de combinación se configura preferentemente para combinar los paquetes del servicio de cable privado virtual que vienen, en la dirección aguas abajo, desde la interfaz UNI-A de red de usuario local y los paquetes del servicio de cable privado virtual que vienen, en la dirección aguas abajo, desde la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario sobre el pseudocable M_PW de apareamiento, como se representó en la figura 2.

De acuerdo con realizaciones de la presente invención, el pseudocable T_PW de transporte y el pseudocable M_PW de apareamiento se asignan preferentemente a la misma etiqueta de pseudocable para cada dirección. En particular, para cada dirección, la misma etiqueta de pseudocable se asigna preferentemente al pseudocable T_PW de transporte y el pseudocable M_PW de apareamiento en los elementos A, B de red DH, en el elemento E de red de borde análogo y todos los elementos de red entre los elementos A, B de red DH y el elemento E de red de borde análogo a lo largo de la ruta nominal de los paquetes (es decir, en la red CN de comunicación ejemplar de la figura 1, el elemento F de red).

Por otra parte, preferentemente, el pseudocable T_PW de transporte se asigna a la misma etiqueta de pseudocable sobre todos los saltos de la red CN de comunicación que conecta el elemento A de red DH primario y el elemento E de red de borde análogo.

La figura 3 muestra esquemáticamente la operación del elemento A de red DH primario y el elemento B de red DH secundario de acuerdo con una realización de la presente invención. Se asume que ningún fallo afecta a la red CN de comunicación y el(los) dispositivo(s) D1, D2 externos de cliente.

En la figura 3, 4, 5 y 6, a modo de simplicidad, el texto de referencia "WP" genéricamente indica las rutas WP1, WP2 de trabajo y análogamente, la referencia "PP" genéricamente indica las rutas PP1, PP2 de protección. Las rutas de trabajo del pseudocable de transporte se indican mediante flechas de líneas sólidas, las rutas de trabajo del pseudocable de apareamiento mediante flechas de líneas discontinuas puntos, y las rutas de protección de tanto el

pseudocable de transporte y del pseudocable de apareamiento se indican mediante líneas discontinuas.

Por otra parte, en la figura 3, 4, 5 y 6, el texto de referencia "UP" genéricamente indica los paquetes que viajan en la dirección aguas arriba desde el elemento E de red de borde análogo a los elementos A, B de red DH, el texto de referencia "DP1" genéricamente indica los paquetes que viajan en la dirección aguas abajo desde el dispositivo D1 cliente externo fijado al elemento A de red DH primario al elemento E de red de borde análogo, y el texto de referencia "DP2" genéricamente indica los paquetes que viajan en la dirección aguas abajo desde el dispositivo D2 cliente externo fijado al elemento B de red DH secundario al elemento E de red de borde análogo.

En la dirección aguas arriba, los paquetes UP del servicio de cable privado virtual que soporta el servicio exterior punto a punto entre los elementos A, B de red DH del sistema de redundancia de conexión de doble anillo y el elemento E de red de borde análogo se llevan sobre el pseudocable T_PW de transporte a lo largo de la ruta WP de trabajo al selector SEL. En ausencia de fallos, el selector SEL preferentemente envían los paquetes hacia la interfaz UNI-A de red de usuario local.

En la dirección aguas abajo, los paquetes DP2 del mismo servicio exterior punto a punto se asumen que se transmiten desde el dispositivo D1, D2 cliente externo hacia la red CN de comunicación a través de tanto la interfaz UNI-A de red de usuario del elemento A de red DH primario como la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario. Entonces, los paquetes DP2 del servicio de cable privado virtual que soporta el servicio exterior punto a punto y que vienen desde la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario se llevan sobre el pseudocable M_PW de apareamiento a lo largo de una ruta WP de trabajo hasta el selector MSEL de combinación del elemento A de red DH primario. En el selector MSEL de combinación, los paquetes DP1 que vienen directamente desde la interfaz UNI-A de red de usuario local y los paquetes DP2 que vienen desde la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario se combinan preferentemente y entonces se transmiten hacia el elemento F de red sobre el pseudocable T_PW de transporte a lo largo de la ruta WP de trabajo.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran esquemáticamente las operaciones de los elementos de red DH en caso de fallos. Como se clarificará a partir de la siguiente descripción, la combinación del esquema de redundancia de conexión de doble anillo y el esquema de conmutación de protección de anillo de acuerdo con la presente invención permite recuperarse de un fallo de una manera muy eficaz.

La figura 4 muestra esquemáticamente la operación del elemento A de red DH primario y el elemento B de red DH secundario de acuerdo con la presente invención en caso de que ocurra un primer fallo F1, el primer fallo F1 que afecta el enlace bidireccional entre el elemento A de red DH primario y el elemento B de red DH secundario.

En la dirección aguas arriba, los paquetes UP ascendentes se entregan al dispositivo D1 cliente externo de exactamente la misma manera descrita anteriormente con referencia a la figura 3.

En la dirección aguas abajo, los paquetes DP1, DP2 del mismo servicio exterior punto a punto se asumen que se transmiten desde el dispositivo D1, D2 cliente externo hacia la red CN de comunicación a través de tanto la interfaz UNI-A de red de usuario del elemento A de red DH primario como la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario. Los paquetes DP2 del servicio de cable privado virtual que vienen desde la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario pueden no llevarse sobre el pseudocable M_PW de apareamiento a lo largo de una ruta WP de trabajo hasta el selector MSEL de combinación del elemento A de red DH primario. De acuerdo con la presente invención, el elemento B de red DH secundario implementa la técnica de envoltura descrita anteriormente en conexión con el esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección a los paquetes DP2 del pseudocable M_PW de apareamiento. En particular, el elemento B de red DH secundario preferentemente conmuta los paquetes DP2 a una ruta PP de protección del pseudocable M_PW de apareamiento. Entonces, los paquetes DP2 viajan en sentido de las agujas del reloj a lo largo de la red CN de comunicación sobre la ruta PP de protección hasta que alcanzan el elemento A de red DH primario (es decir, el elemento de red y el otro lado del fallo, de acuerdo con el esquema de conmutación de protección de anillo). En el selector MSEL de combinación del elemento A de red DH primario, los paquetes DP2 que vienen desde el elemento B de red DH secundario a lo largo de la ruta PP de protección y los paquetes DP1 que vienen directamente desde el dispositivo D1 cliente externo a través de la interfaz UNI-A de red de usuario local se combinan preferentemente y entonces se transmiten al elemento F de red sobre el pseudocable T_PW de transporte a lo largo de una ruta WP de trabajo. Los paquetes descendentes viajan a lo largo de la red CN de comunicación sobre el pseudocable T_PW de transporte a lo largo de la ruta WP de trabajo hasta que alcanzan el elemento E de red de borde análogo y salen de la red CN de comunicación.

La figura 5 muestra esquemáticamente la operación del elemento A de red DH primario y el elemento B de red DH secundario de acuerdo con la presente invención en caso de que ocurra un segundo fallo F2, el segundo fallo F2 que afecta a la interfaz UNI-A de red de usuario del elemento A de red DH primario. El fallo F2 puede detectarse en la interfaz UNI-A de red de usuario del elemento A de red primario operando una herramienta OAM como se mencionó anteriormente.

En la dirección aguas arriba, los paquetes UP del servicio de cable privado virtual no se pueden entregar al dispositivo D1 cliente externo a través de la interfaz UNI-A de red de usuario local. De acuerdo con la presente

invención, en el selector SEL, los paquetes UP que vienen desde el elemento F de red se envían a través del elemento B de red DH secundario sobre el pseudocable M_PW de apareamiento, a lo largo de una ruta WP de trabajo. En el elemento B de red DH secundario, los paquetes UP se entregan al dispositivo D2 cliente externo a través de la interfaz UNI-B de red de usuario local.

- 5 En la dirección aguas abajo, los paquetes pueden entrar en la red CN de comunicación solo a través de la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario. En el elemento B de red DH secundario, los paquetes DP2 descendentes se envían a través del elemento A de red DH primario sobre el pseudocable M_PW de apareamiento a lo largo de una ruta WP de trabajo. En el DH primario red A elemento, el selector MSEL de combinación preferentemente envía los paquetes DP2 que vienen desde el elemento B de red DH secundario hacia el elemento F de red sobre el pseudocable T_PW de transporte. Los paquetes DP2 descendentes viajan sobre el pseudocable T_PW de transporte a lo largo de la ruta WP de trabajo hasta que alcanzan el elemento E de red de borde análogo y salen de la red CN de comunicación.

15 La figura 6 muestra esquemáticamente la operación del elemento A de red DH primario y el elemento B de red DH secundario de acuerdo con la presente invención en caso de que ocurra un tercer fallo F3, el tercer fallo F3 que afecta al elemento A de red DH primario.

20 En la dirección aguas arriba, el elemento F de red implementa preferentemente la técnica de envoltura descrita anteriormente en conexión con el esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección a los paquetes UP ascendentes del pseudocable T_PW de transporte. En particular, el elemento F de red preferentemente conmuta de vuelta los paquetes UP que vienen desde el elemento E de red a una ruta PP de protección del pseudocable T_PW de transporte. Los paquetes UP viajan a lo largo de la red CN de comunicación sobre la ruta PP de protección y alcanzan el elemento B de red DH secundario. En el elemento B de red DH secundario, los paquetes UP ascendentes se entregan al dispositivo D2 cliente externo a través de la interfaz UNI-B de red de usuario local.

25 En la dirección aguas abajo, los paquetes pueden entrar en la red CN de comunicación solo a través de la interfaz UNI-B de red de usuario del elemento B de red DH secundario. Los paquetes DP2 descendentes sin embargo no pueden volverse atrás al primer elemento A de red DH sobre el pseudocable M_PW de apareamiento sobre una ruta WP de trabajo. El elemento B de red DH secundario preferentemente implementa la técnica de envoltura descrita anteriormente en conexión con el esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección a los paquetes DP2 del pseudocable M_PW de apareamiento. En particular, el elemento B de red DH secundario preferentemente conmuta los paquetes DP2 descendentes a una ruta PP de protección del pseudocable M_PW de apareamiento. Los paquetes DP2 descendentes viajan a lo largo de la red CN de comunicación sobre la ruta PP de protección hasta que alcanzan el elemento F de red, donde pueden envolverse en un pseudocable T_PW de transporte sobre la ruta WP de trabajo de la red CN de comunicación para alcanzar el elemento E de red de borde análogo.

35 Por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, la presente invención proporciona un esquema de protección que resulta de la combinación del esquema de redundancia de conexión de doble anillo y el esquema de conmutación de protección de anillo aplicado al pseudocable de transporte y el pseudocable de apareamiento. De acuerdo con la presente invención, un servicio exterior transportado en un transporte de paquetes puede protegerse tanto contra fallos que afectan a los enlaces que fijan los dispositivos cliente externos a la red de transporte de paquetes como contra fallos en la red de transporte de paquetes. Permite conmutar los paquetes ascendentes al nivel del pseudocable tanto hacia la interfaz de red de usuario del elemento de red DH primario como hacia el elemento de red DH secundario dependiendo del estado de los elementos de red DH y en particular de las interfaces de red usuarias. Si la interfaz de red de usuario del elemento de red DH primario falla, los paquetes se conmutan rápidamente hacia la interfaz de red usuaria. Por otra parte, el esquema de conmutación de protección de anillo implementado dentro de la red de transporte de paquetes permite la recuperación de fallos que tienen lugar en la red.

40 Como es evidente a partir de lo anterior, la presente invención permite proteger cualquier servicio exterior punto a punto transportado en una red de transporte de paquetes de una manera muy eficaz. Se usa un servicio de cable privado virtual que es un servicio de punto a punto que proporciona una alta escalabilidad. También, impide derrochar más recursos complejos y costosos tal como Servicios LAN Privado Virtual multipunto a multipunto (VPLS). Ventajosamente, permite proteger cualquier tipo de servicio exterior (es decir, Ethernet, IP, ATM, SDH/SONET, PDH, FC, Relé de Bastidor, etc.) y permite la recuperación de fallos en tiempos reducidos.

55 Además, como se describió anteriormente, el pseudocable de transporte y el pseudocable de apareamiento del mismo servicio exterior tienen, unidireccionalmente, la misma etiqueta dentro de la red de comunicación. Esto permite ventajosamente recuperarse de, un fallo que afecta al elemento de red DH primario, y u de una combinación del fallo que afecta al elemento de red DH primario y cualquier otro fallo que tiene lugar entre el elemento de red DH primario y el elemento de red de borde análogo, como se ilustra a continuación.

Con referencia de nuevo a la figura 6, cuando un fallo tiene lugar en el elemento A de red DH primario, los paquetes DP2 descendentes no pueden devolverse al elemento A de red DH primario sobre el pseudocable M_PW de

apareamiento y se conmutan en el elemento B de red DH secundario en la ruta PP de protección, hasta que alcanzan, a lo largo de la dirección en el sentido de las agujas del reloj, el elemento de red en el otro lado del fallo, es decir, el elemento F de red. Si, el elemento F de red, el pseudocable T_PW de transporte no tiene la misma etiqueta que el pseudocable M_PW de apareamiento en el elemento A de red primario DH, a lo largo de la dirección en el sentido de las agujas del reloj, los paquetes que viajan a lo largo de la ruta PP de protección pueden no devolverse apropiadamente como si fueran paquetes que pertenecen al pseudocable T_PW de transporte porque la etiqueta recibida en el elemento F de red, que se usará para fines de reenvío, es diferente a la esperada, es decir, es diferente de la etiqueta alojada en el pseudocable T_PW de transporte entrante.

Como se describió en lo anterior, el esquema de protección que combina el esquema de redundancia de conexión de doble anillo y el esquema de conmutación de protección de anillo de acuerdo con la presente invención puede aplicarse al pseudocable de transporte y al pseudocable de apareamiento para proteger los paquetes del servicio punto a punto. En particular, de acuerdo con la descripción anterior, el esquema de protección puede aplicarse al pseudocable de transporte y al pseudocable de apareamiento como se asignó directamente sobre las secciones MPLS-TP de la red de transporte de paquetes (por ejemplo, en caso de pseudocables llamados encapsulación de tipo "dry-Martini").

En una situación alternativa, el pseudocable de transporte y el pseudocable de apareamiento pueden llevarse en un túnel respectivo (es decir, un MPLS LSP respectivo, en caso de red CN de comunicación es una red MPLS-TP), como se describe en la RFC 4664 de la IETF (septiembre de 2006). En particular, en caso de que un número de pseudocables en una red comunicación conmutada por etiqueta comparte las mismas reglas de reenvío, pueden agregarse en un túnel.

La presente invención se aplica también en esta situación alternativa, en la que:

- un túnel de transporte lleva preferentemente un número de pseudocable de transporte que se finalizan en los mismos elementos de red DH;
- un túnel de apareamiento entre los elementos de red DH, uno para cada túnel de transporte, preferentemente lleva los pseudocables de apareamiento asociados con los pseudocables de transporte llevados en el túnel de transporte.

Los pseudocables de transporte llevados en el túnel de transporte pueden finalizarse en diferentes interfaces de red de usuario de los elementos de red DH. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, la conmutación de los paquetes en los elementos de red DH se lleva a cabo aún como se describió anteriormente, es decir, al nivel del pseudocable. De hecho, algunos pseudocables de transporte pueden requerir finalizarse en la interfaz de red de usuario del elemento de red DH primario mientras que los otros pseudocables de transporte pueden requerir finalizarse en la interfaz de red de usuario del elemento de red DH secundario y por lo tanto tienen que enviarse sobre el pseudocable de apareamiento correspondiente en el túnel de apareamiento. Si el túnel de transporte lleva solo pseudocable finalizados sobre una única interfaz de red usuaria, los paquetes de los pseudocables de transporte se conmutan preferentemente juntos hacia la interfaz de red de usuario correspondiente.

Por otra parte, para cada dirección, al túnel de transporte se asigna preferentemente la misma etiqueta que al túnel de apareamiento. Esto permite ventajosamente recuperarse de fallos afectan al elemento de red DH primario, y u de una combinación del fallo que afecta al elemento de red DH primario y cualquier otro fallo que tiene lugar entre el elemento de red DH primario y el elemento de red de borde análogo.

En este caso, el esquema de conmutación de protección de anillo se aplica al túnel de transporte y al túnel de apareamiento, como las reglas de reenvío son las mismas para todos los pseudocables de un túnel dentro de la red de comunicación, mientras que el esquema de redundancia de conexión de doble anillo se aplica a los pseudocables llevados dentro de ellos conforme la conmutación de paquetes se lleva a cabo al nivel del pseudocable.

Por lo tanto, ventajosamente, la presente invención puede aplicarse cuando los pseudocables asignados directamente sobre las secciones MPLS-TP se consideran, pero también cuando los pseudocables se encapsulan en túneles, que permiten una escalabilidad más eficaz de las entidades de transporte.

Además, la presente invención también es aplicable a situaciones "mixtas", de acuerdo con lo cual los pseudocables de transporte y los pseudocable de apareamiento de algunos (primer) servicios se asignan directamente sobre secciones MPLS-TP y los pseudocables de transporte y los pseudocables de apareamiento de otros (segundo) servicios se asignan en túneles. En este caso, para los primeros servicios, el esquema de protección de anillo y el esquema de redundancia de conexión de doble anillo de la presente invención se aplica a los pseudocables de transporte y a los pseudocables de apareamiento. Para los segundos servicios, el esquema de conmutación de protección de anillo se aplica al túnel de transporte y al túnel de apareamiento, mientras que el esquema de redundancia de conexión de doble anillo se aplica a los pseudocables llevados dentro de ellos.

REIVINDICACIONES

1. Una red (CN) de comunicación conmutada por etiqueta que tiene una topología de anillo, configurándose dicha (CN) red de comunicación para proporcionar un servicio de cable privado virtual para soportar un servicio exterior punto a punto transportado sobre la red (CN) de comunicación entre un primer borde y un segundo borde de la misma, comprendiendo dicha red (CN):
- un elemento (A) de red primario y un elemento (B) de red secundario que forman un sistema de redundancia de conexión de doble anillo para finalizar dicho servicio punto a punto en dicho primer borde;
 - un pseudocable (T_PW) de transporte para conectar dicho elemento (A) de red primario a un elemento (E) de red adicional que finaliza dicho servicio punto a punto en dicho segundo borde; y
 - un pseudocable (M_PW) de apareamiento para conectar dicho elemento (A) de red primario y dicho elemento (B) de red secundario, configurándose dicho elemento (A) de red primario para:
 - enviar paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual sobre el pseudocable (T_PW) de transporte hacia una interfaz (UNI-A, UNI-B) de red de usuario de tanto el elemento (A) de red primario como del elemento (B) de red secundario, dependiendo del estado de dicho sistema de redundancia de conexión de doble anillo; y
 - enviar sobre el pseudocable (T_PW) de transporte paquetes (DP1) descendentes del servicio de cable privado virtual que vienen de su interfaz (UNI-A) de red de usuario y/o paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable (M_PW) de apareamiento,
 en el que dicha red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta se configura para implementar un esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección a dicho pseudocable (T_PW) de transporte y dicho pseudocable (M_PW) de apareamiento.
2. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha red (CN) es una red de conmutación por etiqueta multiprotocolo - perfil de transporte.
3. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con la reivindicación 2, en la que dicho esquema de conmutación de protección de anillo es un esquema de conmutación de protección de anillo MPLS-TP.
4. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho pseudocable (T_PW) de transporte y dicho pseudocable (M_PW) de apareamiento tienen asociada una misma etiqueta de pseudocable para cada dirección a lo largo de dicha red (CN).
5. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho pseudocable (T_PW) de transporte tiene asociada una misma etiqueta de pseudocable sobre todos los saltos de la red (CN) de comunicación entre dicho elemento (A) de red primario y dicho elemento (E) de red adicional.
6. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho pseudocable (T_PW) de transporte y dicho pseudocable (M_PW) de apareamiento se asignan en un túnel de transporte y un túnel de apareamiento, respectivamente.
7. La red de comunicación (CN) de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con la reivindicación 6, en la que dicho túnel de transporte y dicho túnel de apareamiento tienen asignada una misma etiqueta de túnel para cada dirección a lo largo de dicha red (CN).
8. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que, en caso de un fallo (F1) que afecta a un enlace bidireccional entre dicho elemento (A) de red primario y dicho elemento (B) de red secundario:
- dicho elemento (A) de red primario se configura para enviar paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual, llevados sobre el pseudocable (T_PW) de transporte, hacia su interfaz (UNI-A) de red usuaria;
 - dicho elemento (B) de red secundario se configura para conmutar paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual, que vienen de su interfaz (UNI-B) de red usuaria, a una ruta (PP) de protección de dicho pseudocable (M_PW) de apareamiento; y
 - dicho elemento (A) de red primario se configura además para enviar, sobre el pseudocable (M_PW) de transporte, paquetes (DP1) descendentes del servicio de cable privado virtual, que vienen de su interfaz (UNI-A) de red usuaria, y/o dichos paquetes (DP2) descendentes conmutados.
9. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que, en caso de un fallo (F2) que afecta a la interfaz (UNI-A) de red de usuario de dicho elemento (A) de red primario, el elemento (A) de red primario se configura para enviar paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual hacia la interfaz (UNI-B) de red de usuario del elemento (B) de red

secundario, y para enviar sobre el pseudocable (T_PW) de transporte paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable (M_PW) de apareamiento.

5 10. La red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que, en caso de un fallo (F3) que afecte a dicho elemento (A) de red primario, el elemento (B) de red secundario se configura para conmutar paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual, que vienen de su interfaz (UNI-B) de red usuaria, a una ruta (PP) de protección de dicho pseudocable (M_PW) de apareamiento, y para enviar hacia su interfaz (UNI-B) de red de usuario paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual llevados sobre una ruta (PP) de protección adicional de dicho pseudocable (T_PW) de transporte.

10 11. Un elemento (A) de red para una red (CN) de comunicación de paquetes conmutados por etiqueta que tiene una topología de anillo, configurándose dicha red (CN) de comunicación para proporcionar un servicio de cable privado virtual para soportar un servicio exterior punto a punto transportado sobre la red (CN) de comunicación entre un primer borde y un segundo borde de la misma,
 15 formando dicho elemento (A) de red un sistema de redundancia de conexión de doble anillo con un elemento (B) de red adicional de dicha red (CN) de comunicación, finalizando dicho sistema de redundancia de conexión de doble anillo dicho servicio punto a punto en dicho primer borde,
 20 conectándose dicho elemento (A) de red a un elemento (E) de red aún adicional por un pseudocable (T_PW) de transporte, finalizando dicho elemento (E) de red aún adicional el servicio punto a punto en dicho segundo borde, conectándose dicho elemento (A) de red al elemento (B) de red adicional por un pseudocable (M_PW) de apareamiento,
 comprendiendo dicho elemento (A) de red:

- un selector (SEL) ascendente configurado para enviar paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual sobre el pseudocable (T_PW) de transporte hacia una interfaz (UNI-A, UNI-B) de red de usuario de tanto el elemento (A) de red como el elemento (B) de red adicional, dependiendo del estado de dicho sistema de redundancia de conexión de doble anillo; y
- un selector (MSEL) adicional configurado para enviar sobre el pseudocable (T_PW) de transporte paquetes (DP1) descendentes del servicio de cable privado virtual que vienen de la interfaz (UNI-A) de red de usuario del elemento (A) de red y/o paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable (M_PW) de apareamiento,
- 30 en el que dicho elemento (A) de red se configura adicionalmente para implementar un esquema de conmutación de protección de anillo para proporcionar protección a dicho pseudocable (T_PW) de transporte y dicho pseudocable (M_PW) de apareamiento.

12. El elemento (A) de red de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho selector (MSEL) adicional se configura para combinar paquetes (DP1) descendentes del servicio de cable privado virtual que vienen de la interfaz (UNI-A) de red de usuario del elemento (A) de red y paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable (M_PW) de apareamiento.

13. El elemento (A) de red de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en el que su interfaz (UNI-A) de red de usuario comprende una herramienta OAM configurada para detectar tanto un fallo que implica la interfaz (UNI-A) de red usuaria, como un dispositivo (D1) cliente externo fijado a la interfaz (UNI-A) de red de usuario o el enlace que conecta el elemento (A) de red a dicho dispositivo (D1) cliente externo.

14. El elemento (A) de red de acuerdo con la reivindicación 13, en el que, en caso de un fallo (F2) que implica a la interfaz (UNI-A) de red usuaria, el selector (SEL) ascendente se configura para enviar paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual, llevados sobre el pseudocable (T_PW) de transporte, hacia la interfaz (UNI-B) de red de usuario del elemento (B) de red adicional, y el selector además se configura para enviar sobre el pseudocable (T_PW) de transporte, paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual llevados en el pseudocable (M_PW) de apareamiento.

15. El elemento (A) de red de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que, en caso de un fallo (F1) que afecte a un enlace bidireccional entre dicho elemento (A) de red y dicho elemento (B) de red secundario adicional, el selector (SEL) ascendente se configura para enviar paquetes (UP) ascendentes del servicio de cable privado virtual, llevados sobre el pseudocable (T_PW) de transporte, hacia la interfaz (UNI-A) de red de usuario del elemento (A) de red, y el selector adicional se configura para enviar, sobre el pseudocable (M_PW) de transporte, paquetes (DP1) descendentes del servicio de cable privado virtual que vienen de la interfaz (UNI-A) de red de usuario del elemento (A) de red y/o paquetes (DP2) descendentes del servicio de cable privado virtual llevados sobre una ruta (PP) de protección del pseudocable (M_PW) de apareamiento.

55

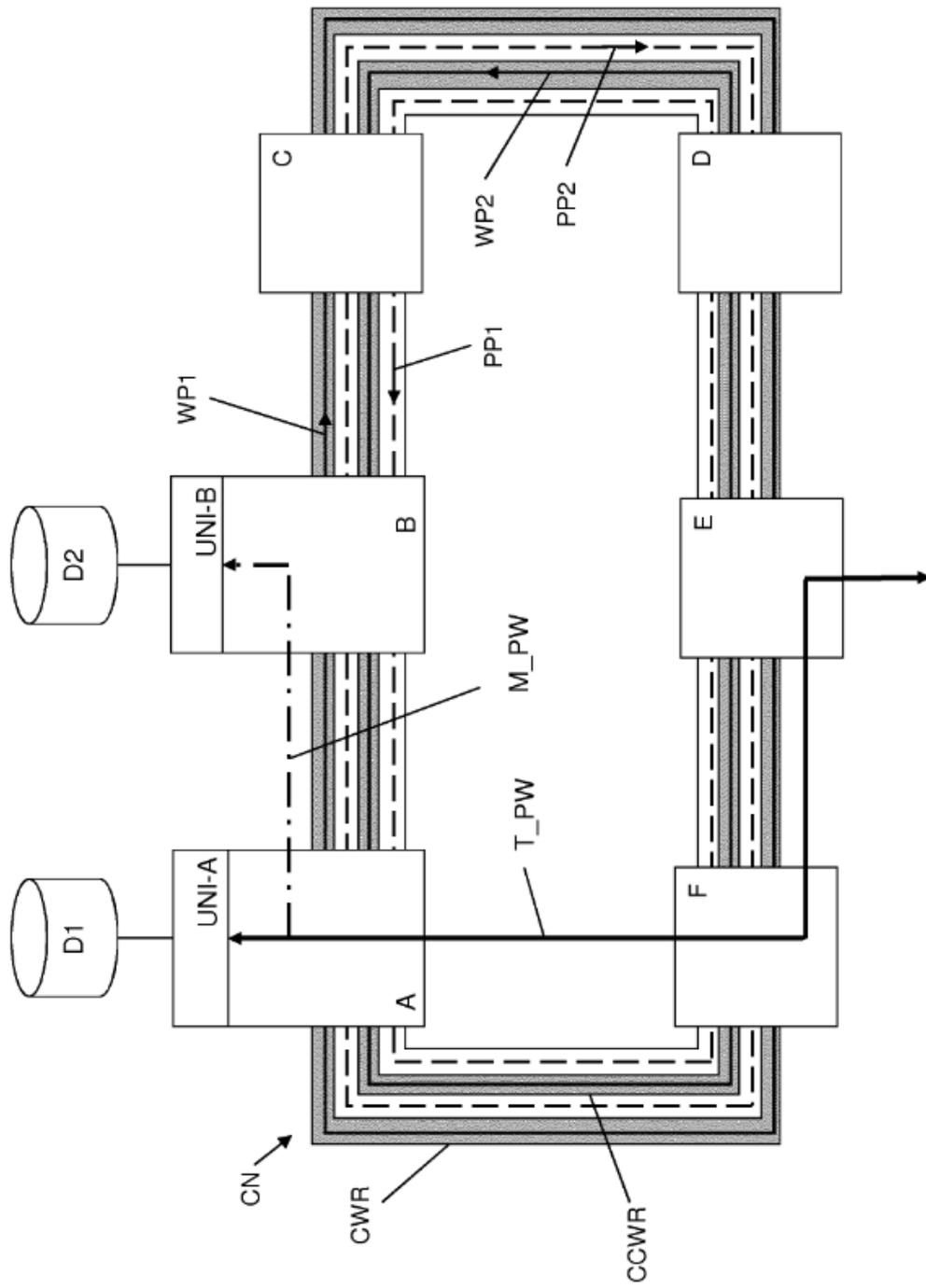


Fig. 1

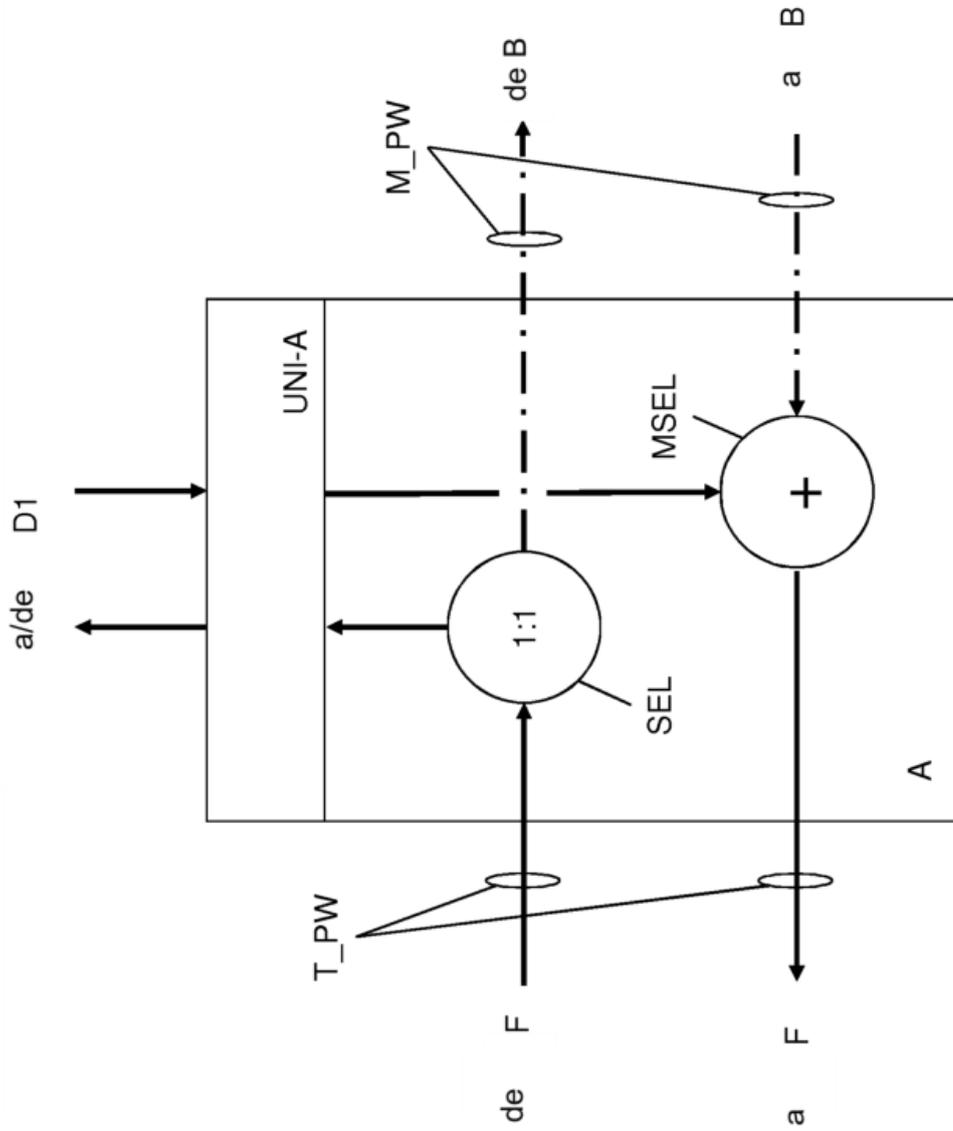


Fig. 2

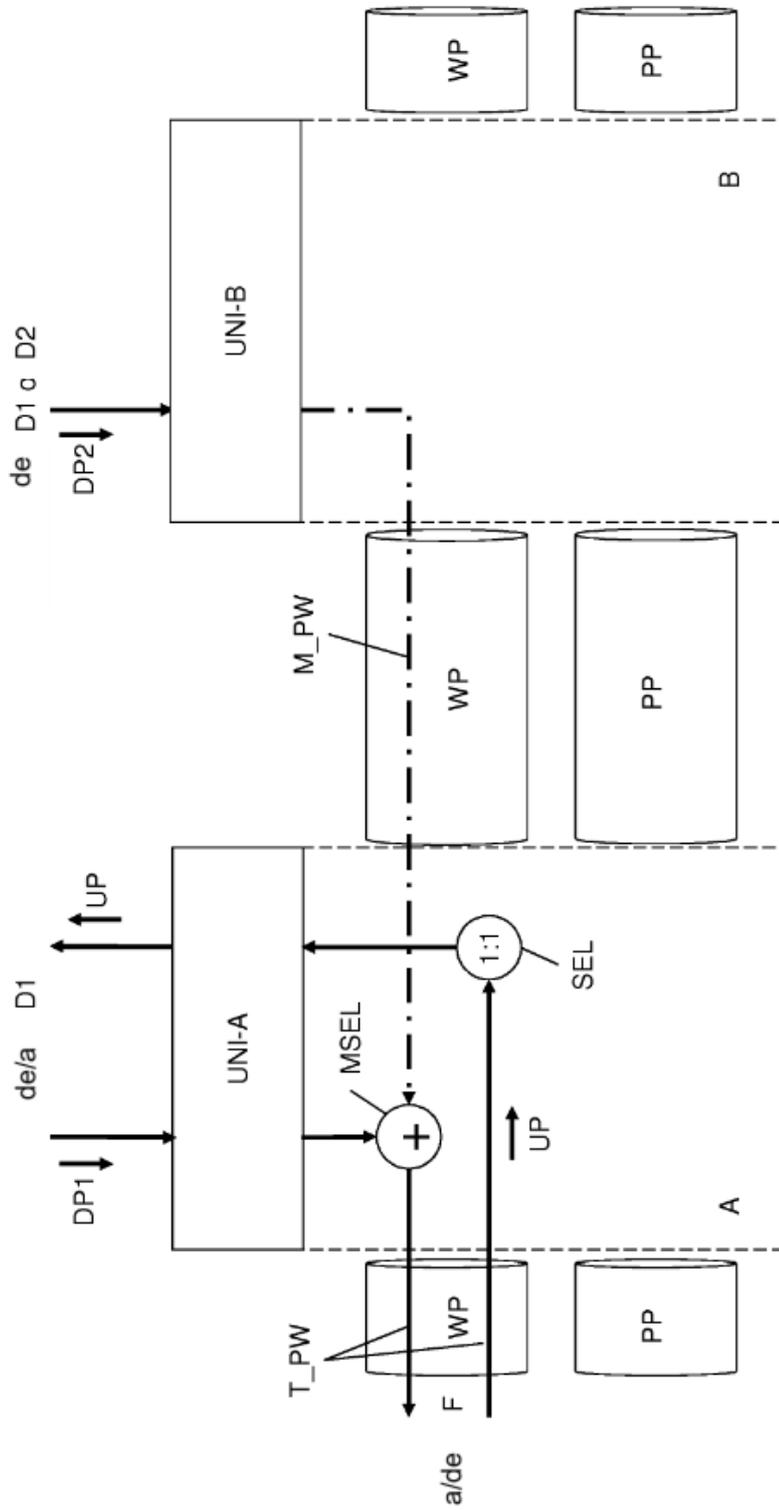


Fig. 3

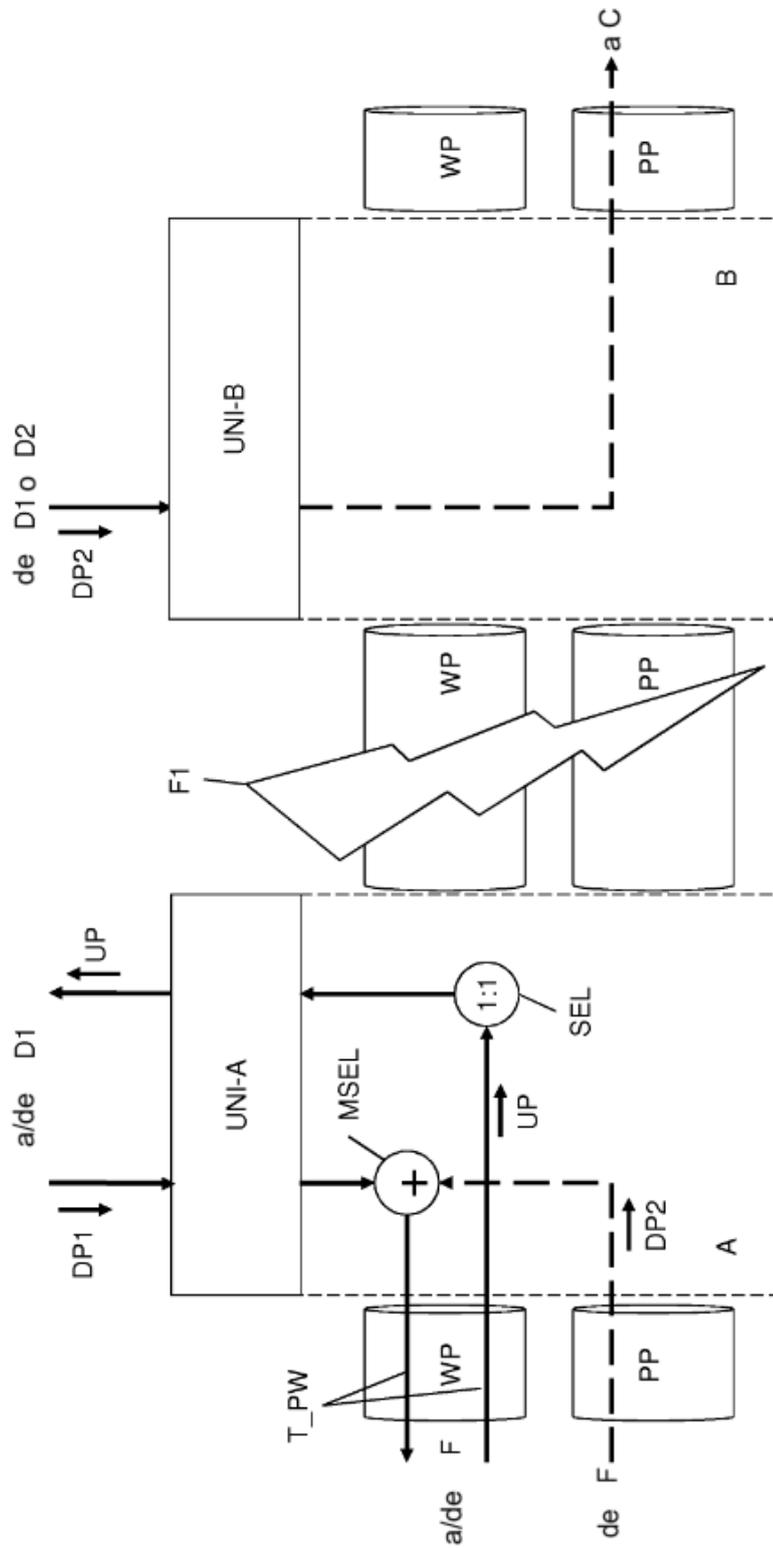


Fig. 4

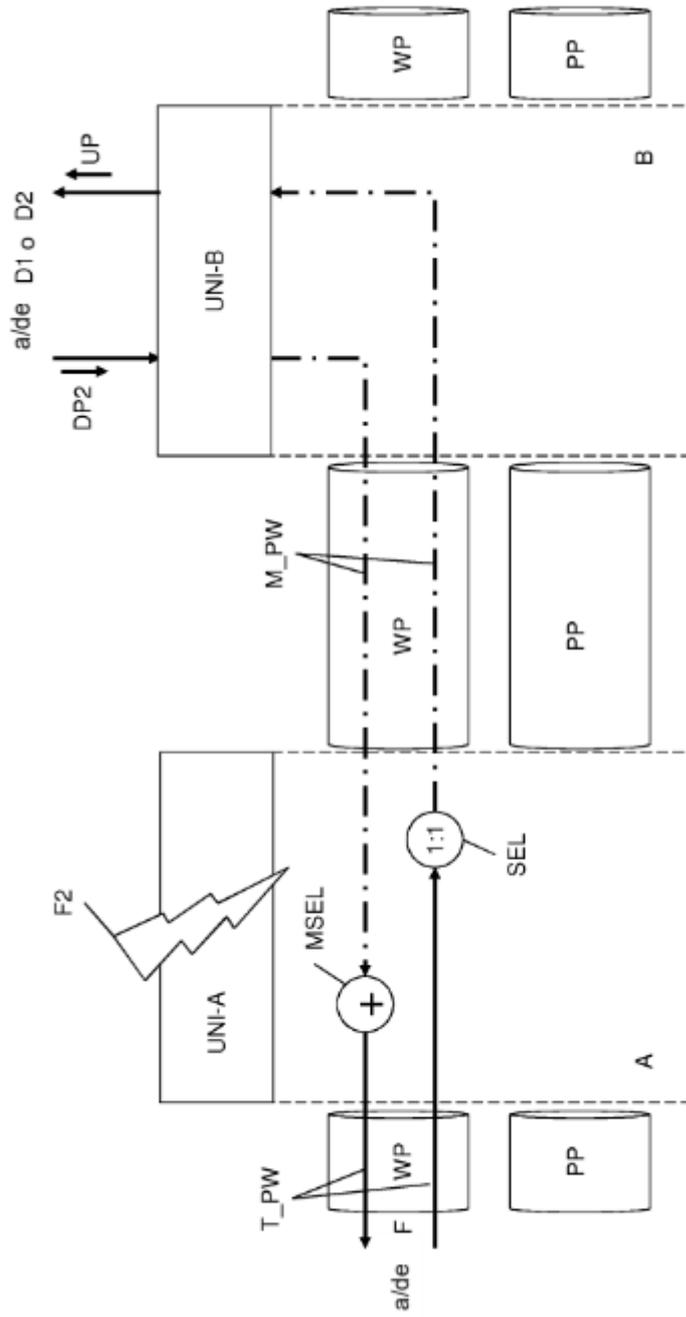


Fig. 5

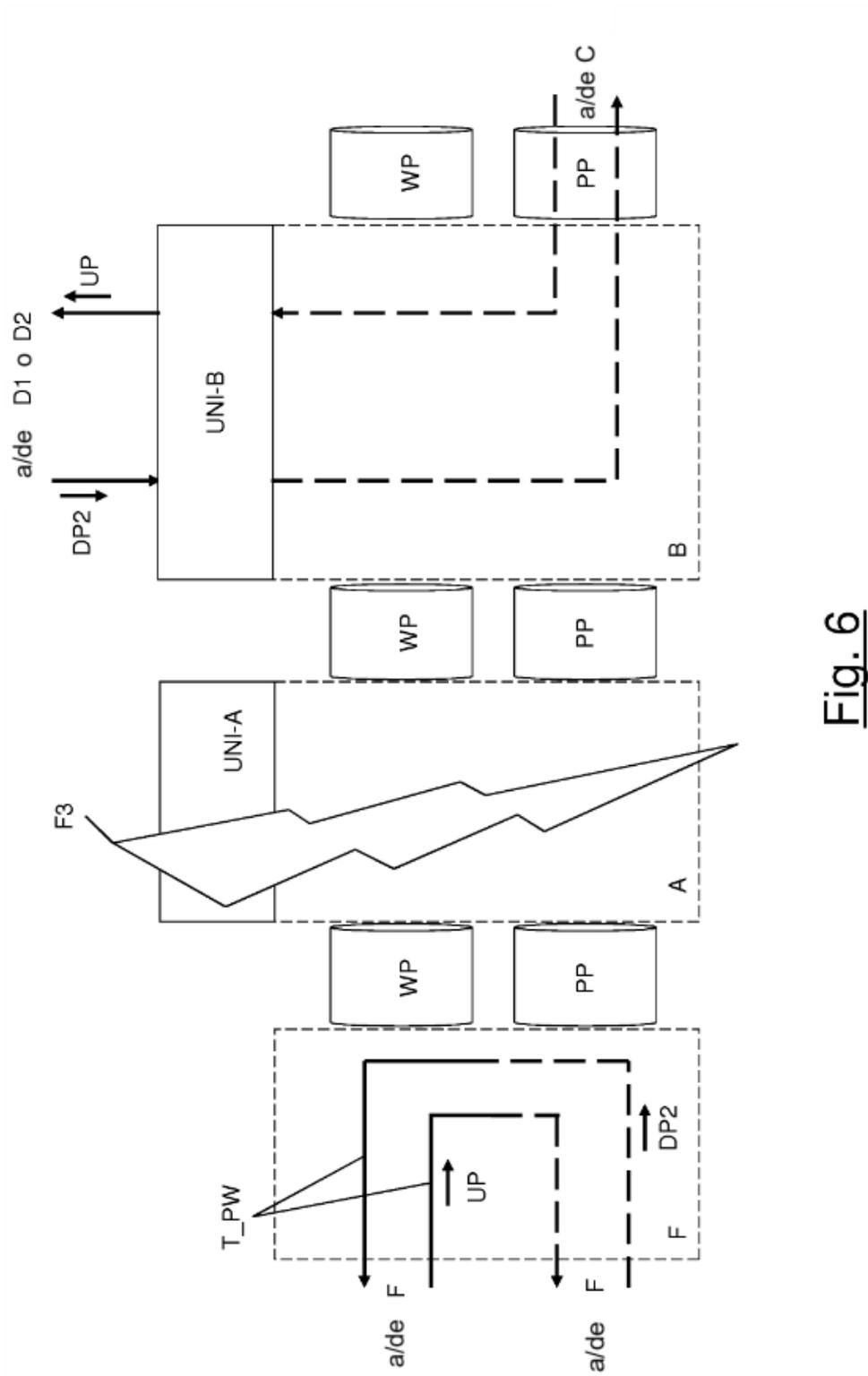


Fig. 6