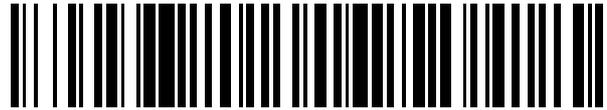


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 174**

51 Int. Cl.:

H04L 12/46 (2006.01)

H04L 12/437 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2009 E 13162548 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2613476**

54 Título: **Procedimiento de redundancia para una red de datos especializada**

30 Prioridad:

10.12.2008 EP 08171215

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

11.03.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS SCHWEIZ AG (100.0%)
Freilagerstrasse 40
8047 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

MÜLLER, THOMAS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 531 174 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de redundancia para una red de datos especializada

5 La presente invención se refiere a un sistema y un procedimiento para la comunicación en tiempo determinista y altamente fiable en una red creada jerárquicamente, que consiste en una o más redes troncales y líneas disponibles para una unidad funcional descentralizada.

10 Estas unidades funcionales descentralizadas se utilizan sobre todo en las redes de transporte por ferrocarril, donde se utilizan para controlar las unidades de influencia en el vehículo y/o en la ruta y/o las unidades de vigilancia del vehículo y respectivamente de la ruta y para vigilar la funcionalidad y establecer un procesamiento de datos e informar. Como unidades de influencia en el tren, que dan instrucciones al conductor, o incluso efectúan directamente controles en el vehículo ferroviario o establecen directamente una ruta segura, pueden ser considerados por ejemplo, las señales, los desvíos, las balizas, las líneas piloto, los imanes de vía y similares, así como los sensores para detectar los parámetros del proceso del tren en movimiento, tales como el consumo de energía, la velocidad y similares. Como unidades de vigilancia de un tramo de la vía y de las partes del tren se pueden nombrar también las balizas y las líneas piloto pero también los contadores de ejes y los circuitos de vía.

15 Por lo general, estas unidades funcionales descentralizadas son controladas por un puesto de enclavamiento o un ordenador a distancia. Para la transferencia de datos entre el puesto de enclavamiento y las unidades funcionales en el área de las vías hoy en día generalmente se utilizan cables de cobre estandarizados, cuya longitud de distancia clásica, debido a los parámetros de transmisión físicos y los revestimientos del cable (RLC), en la practica el limite superior esta en 10 km. En ciertos tipos de unidades funcionales, sin embargo, este límite superior puede también ser sólo de un máximo de 6,5 kilómetros.

25 Actualmente, sin embargo, ya están operando redes de datos en vías férreas, que se utilizan, por ejemplo para el intercambio de datos entre puestos de enclavamientos adyacentes o puestos de enclavamiento y sistemas de control. Sin embargo, no se utilizan con la finalidad de controlar y vigilar la unidad funcional de influencia en los trenes y/o la unidad funcional de vigilancia de trenes, permitiendo de este modo un acercamiento a casi cualquier punto de distancia. Estas redes son más bien del tipo de una red de transporte de datos (DTN), por ejemplo, una red de transporte óptico, configurada y utilizada para la transmisión de datos para el nivel operacional y similares. Este tipo de redes de transporte de datos también se conocen por la publicación "ANONYMOUS: DIN TEC 62439, (DRAFT) Digital data communication for measurement and control -High availability automation networks", INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC, Nr. 62439 de 1de abril de 2007 (2007. 04-01), páginas 1 a 138, XP008087015.

30 Tales redes de datos proporcionan un número mucho mayor de grados de libertad con respecto a:

- determinar la posición de los puntos de acoplamiento para la conexión de las instalaciones del puesto de enclavamiento y del puesto de control o de partes de los mismos y por lo tanto de sus instalaciones,
- 35 - el procedimiento de transmisión aplicada y las distancias de comunicación entre las diferentes partes de la instalación.

Esta red de datos permite así en ocasiones una mejora significativa en la relación precio/rendimiento y, no obstante un intercambio de datos altamente confiable y seguro de las instalaciones de seguridad del tren a lo largo de las vías férreas.

40 Ejemplos ilustrativos de este tipo de redes de datos son líneas secundarias o líneas con ETCS nivel 2 o túneles largos, para los que hoy debido al límite en las longitudes de distancia de ajuste con los cables del puesto de enclavamiento convencionales todavía se requiere una disposición por el ordenador del puesto de enclavamiento dentro de los túneles. Las duras condiciones operativas vigentes requieren que el ordenador del puesto de enclavamiento este encapsulado en subterráneos o contenedores y operen con aire acondicionado. Por lo que el mantenimiento en estos casos es complicado.

45 Todo el problema consiste en el hecho de que por la limitada distancia de posicionamiento del puesto de enclavamiento y las partes externas arbitrariamente no pueden estar lejos unas de las otras.

50 Sin embargo, las nuevas redes de datos tienen la desventaja de que, básicamente, de manera adecuada cada unidad funcional centralizada y descentralizada debe estar conectada de manera redundante y por razones de disponibilidad a una red de datos de este tipo sobre un punto de acceso. Por lo tanto actualmente para la conexión de una unidad funcional en un único nodo de red es necesario un gasto relativamente alto para el acoplamiento con la red de datos, para al mismo tiempo obtener solo una tasa de transferencia de datos relativamente pequeña en relación a la capacidad de la red. Mientras que hoy en día las redes de fibra de vidrio permiten capacidad de

transferencia por ejemplo tasas de transferencia de Gigabyte a TeraBit, sin embargo esas tasas de transferencia se utilizan de forma muy marginal en estas aplicaciones de técnica de seguridad.

5 Al mismo tiempo más allá de un interés económico por parte de los operadores de la infraestructura ferroviaria se puede observar, que el denominado cable del puesto de enclavamiento duradero vigente (el cable de cobre adaptado a las vías), el cual hoy en día se instala para el funcionamiento de la unidad funcional a través del puesto de emplazamiento y además se usa para el direccionamiento de las instalaciones externas.

10 Por las razones anteriormente mencionadas, la presente invención tiene como objetivo proporcionar un dispositivo y un procedimiento para controlar y/o vigilar unidades funcionales descentralizadas dispuestas a lo largo de una red de transporte que de una parte utiliza los beneficios de una red digital de transporte de datos y de otra parte reduce de manera significativa los costes asociados, tales como los costos de cableado, teniendo al mismo tiempo un alto funcionamiento.

La presente invención resuelve además los siguientes problemas técnicos.

- Entrega múltiple (redundante) de paquetes a través de rutas diferentes (independientes);
- 15 - A pesar de la gran flexibilidad con respecto a la configuración y el diseño, antes del montaje los componentes no deberán estar preconfigurados. (Para la instalación no se necesita ningún especialista en TI);
- Los componentes de la línea de campo (unidades funcionales descentralizadas) pueden ser sustituidos durante el funcionamiento, sin que los componentes deban de ser preconfigurados antes o después de su uso, o la totalidad de la red deba de ser apagada;
- Se suprime el riesgo de paquetes en movimiento circular en sistemas redundantes.

20 Se pueden lograr también tiempos de transmisión de datos deterministas con bajas tasas de datos (<2 Mb/s) de las líneas de campo.

25 El problema de la redundancia se resuelve en casi todas las redes de datos al ser definido por mecanismos de redundancia, por ejemplo, Ethernet, FDDI, DQDB, Token Ring, SDH. Estos mecanismos de redundancia y el estándar IEC "Industrial communication networks: high availability automation networks" están al mismo tiempo altamente estandarizados. Se han elaborado redes de datos de alta disponibilidad sobre rutas de datos paralelas y dispositivos de red con puertos redundantes. Una configuración separada se logra con la ayuda de protocolos adicionales y con ello altos costes de transporte, lo que requiere altas velocidades de transferencia de datos y restringe las distancias a los medios de transmisión eléctricos. En el intercambio de los componentes de señalización, se tenía que desactivar una gran parte del sistema. Para evitar paquetes en movimiento circular, se detectaron conexiones redundantes a través de protocolos adicionales y se sacan de la red las correspondientes conexiones de red en no uso (Spanning Tree). Los tiempos de transmisión de datos deterministas se lograron por
30 una mayor velocidad de transferencia de datos, lo que repercutía en la distancia máxima entre los dos componentes del sistema y el costo de los medios de transmisión.

35 Conforme a la presente invención se prevé una red de datos ferroviarios jerárquicamente estructurados y un procedimiento para la comunicación en tiempo determinista y altamente fiable de paquetes de datos de control del tráfico ferroviario desde un puesto de enclavamiento a los elementos de campo descentralizados y/o desde los elementos de campo descentralizado al puesto de enclavamiento, que comprende:

- a) una o más redes troncales de alta disponibilidad,
- 40 b) el puesto de enclavamiento que está conectado de forma redundante a la red troncal o las redes troncales por al menos dos interfaces,
- c) por lo menos dos elementos del campo descentralizados interconectados para constituir una línea y que se acoplan a través respectivamente de una unidad funcional descentralizada a la línea, en donde los dos extremos de la línea respectivamente terminan en una puerta de enlace y son interconectados sobre la red troncal o las redes troncales para constituir un anillo;
- 45 d) Un ordenador central del puesto de enclavamiento independiente del emplazamiento, que a través de varios puertos envía paquetes de datos que están dirigidos de manera redundante a la unidad funcional descentralizada dependiente del emplazamiento a través de las dos puertas de enlace, en donde la unidad funcional descentralizada envía del mismo modo paquetes de datos al ordenador central del puesto de enclavamiento a través de dos puertos y donde el ordenador central del puesto de enclavamiento dirige, a través de varios puertos diferentes, los paquetes

5 de datos redundantes a una unidad funcional descentralizada determinada, la cual recibe los paquetes de datos redundantes a través de varios puertos diferentes, en donde las puertas de enlace situadas entre una red troncal y una línea retransmiten sólo los paquetes de datos que se dirigen a los elementos del campo descentralizados situados sobre la línea, en el que los paquetes de datos que presentan una dirección desconocida al nivel de la puerta de enlace son rechazados por la puerta de enlace respectiva.

10 Según la presente invención, la arquitectura de la invención comprende una o más redes troncales que se implementan con una tecnología de red de alta disponibilidad y elevado rendimiento, (por ejemplo, OTN). Las unidades funcionales descentralizadas especializadas están conectadas en cadena margarita (Daisy-Chain) a una línea y controlan las unidades terminales, como por ejemplo motores de aguja, lámparas indicadoras, contadores de ejes digital, pasos a nivel (cf. con la figura 14). La línea esta conectada en ambos extremos sobre la puertas de enlace a los switches troncales. Los switches troncales pueden pertenecer a la misma o a otra red troncal. Las conexiones de línea disponen de una tecnología (por ejemplo, SHDSL), que permite puentear grandes distancias (<10km) entre las unidades funcionales descentralizadas.

A continuación se señalan las realizaciones ventajosas de la invención.

15 La invención y sus realizaciones ventajosas se caracterizan sustancialmente por:

1. Una red de datos jerárquicamente estructurada para la comunicación en tiempo determinista y altamente fiable, que consta de una o más redes troncales de alta disponibilidad y de líneas de unidades funcionales descentralizadas. Ambos extremos de las líneas se conectan a través de los nodos de la red troncal para formar un anillo.
- 20 2. Un ordenador central independiente del emplazamiento envía paquetes de datos a través de varios puertos, que llegan sobre rutas redundantes a una unidad funcional descentralizada dependiente del emplazamiento. La unidad funcional descentralizada envía del mismo modo paquetes al ordenador central a través de dos puertos.
3. El ordenador central dirige sobre puertos diferentes paquetes redundantes a una unidad funcional descentralizada, que recibe los paquetes a través de diferentes puertos.
- 25 4. Los paquetes redundantes tienen diferentes direcciones de red, pero idénticos números de secuencia, de modo que el ordenador central o la unidad funcional descentralizada pueden identificar los paquetes redundantes.
5. La unidad funcional descentralizada recibe paquetes redundantes a través de los dos puertos, pero se pueden utilizar los puertos también para reenviar paquetes.
- 30 6. Las direcciones de red de dos puertos de un ordenador o de las unidades funcionales se determinan por un algoritmo.
7. Las direcciones de red suministran a las unidades desde el exterior.
8. La puerta de enlace entre la red troncal y la línea reenvía solamente paquetes a los terminales que se encuentran en la línea. Las direcciones desconocidas son rechazadas por la puerta de enlace.
- 35 9. La puerta de enlace no se debe configurar, sino que aprende mediante la dirección del remitente de los dispositivos que están en la línea.
10. Un paquete que se dirige a una unidad funcional no se vuelve a reenviar por esta.
- 40 11. Si se usan redes troncales físicamente separadas, el ordenador central debe enviar a través de ambos puertos tramas Unicast a las puertas de enlace, que alimentan los telegramas (los paquetes de datos) desde las dos direcciones en la línea. A fin de lograr de una configuración mixta una configuración lo más simple posible, se enviaran por cada unidad funcional descentralizada dos tramas con sus direcciones de destino sobre las dos tramas físicas. Los paquetes no necesarios, cuyas direcciones de destino no son conocidas por la correspondiente puerta de enlace, se filtran por la puerta de enlace.
- 45 12. La puerta de enlace aprende la dirección del ordenador que esta sobre la línea a través de paquetes "Hello", que emiten estos ordenadores. El filtro de paquetes de la puerta de enlace rechaza las entradas después de un cierto tiempo, cuando de un ordenador sobre su línea no llegan más paquetes (por ejemplo, si una unidad funcional descentralizada durante el funcionamiento se elimina de la línea).

5 Por tanto, una ventaja particular de la presente invención es que los puertos de las unidades funcionales sobre la línea sirven a dos objetivos. Por un lado, reciben paquetes redundantes y por el otro reenvían los paquetes que no se dirigen a esta unidad funcional. La puerta de enlace entre la red troncal y la línea filtra el tráfico a las líneas, de manera que sólo los paquetes que se dirigen a las unidades funcionales descentralizadas de la línea pasan a través de la puerta de enlace. A diferencia de los switches convencionales, que, después de la iniciación en principio dejan pasar todos los paquetes desconocidos, este switch según la invención, bloquea tras la iniciación todos los paquetes que no pertenecen a su línea.

Ejemplos de realizaciones preferentes de la presente invención se explicarán con más detalle a continuación. En ellos los dibujos muestran lo siguiente:

10 Figura 1: Descripción general del sistema

Figura 2: Principio de redundancia SInet

Figura 3: Tramas desde el puesto de enclavamiento (Stw) a una unidad Switch (SU) sobre una red conmutada

Figura 4: Filtrado de tramas dobles a través del interfaz de comunicación (UCOM)

Figura 5: Tramas de la SU al Stw sobre una red conmutada

15 Figura 6: Tramas del Stw a la SU sobre dos redes separadas

Figura 7: Tramas de la SU al Stw sobre dos redes separadas

Figura 8: Configuración compleja

Figura 9: Bucle sin fin de tramas Broadcast

Figura 10: Tramas Broadcast y Multicast de las redes troncales se rechazan en el UCOM

20 Figura 11: Supresión de bucle por la trama Unicast

Figura 12: Cada SU toma las tramas que van dirigidas a ella de la línea SU

Figura 13: Recorrido startup del proceso

Figura 14: Diseño general

Descripción general del sistema

25 1.1 Concepto de redundancia

La alta disponibilidad exigida por la red de datos ferroviarios, se consigue a través de la transmisión y el filtrado de telegramas. El procedimiento se basa en PRP (Parallel Redundancy Protocol) de acuerdo con IEC 62439.

La Figura 2 muestra el principio. Los elementos utilizados son:

Stw: puesto de enclavamiento, que está conectado de forma redundante (por dos o más interfaces) a la red troncal.

30 **Red troncal:**, red de banda ancha, con características de conmutación de acuerdo con 802.1d. Se puede implementar como una o dos redes físicas.

UCOM: conversión de los medios entre la red troncal y la línea SU. Las funciones son similares a un puente, pero con propiedades de filtrado especiales.

35 **SU:** Unidad de conmutación con dos conexiones a la línea SU y una conexión al elemento de campo descentralizado DFE (véase Figura 1). La SU reenvía tramas esenciales, que no van dirigidas a ella, sobre otro puerto de la línea SU. Las tramas que van dirigidas a ella son enviadas al DFE (ver Figura 1). Como la SU actúa como un Proxy para el DFE, el DFE se considerará en adelante parte de la SU (ver Figura 2).

La redundancia se basa en los siguientes principios fundamentales:

- El Stw debe enviar sus telegramas sobre la red troncal a la UCOM a y la UCOM b.
- Las SUs tienen que emitir sus telegramas sobre los dos puertos, por lo que ambos puertos pueden recibir estos en el puesto de enclavamiento.
- El Stw y las SUs deben filtrar múltiples telegramas recibidos.

5 En los apartados siguientes se muestran configuraciones con una o dos redes físicas.

1.1.1 Configuración con una red troncal física

a) Direccionamiento y enrutamiento de paquetes desde el puesto de enclavamiento a la unidad de conmutación

10 Un Stw envía un telegrama a una SU, envía múltiples (dos) tramas unicast a direcciones diferentes B0 y B1 (la configuración de dirección se describe en el apartado 1.4). Las direcciones corresponden a las direcciones de los puertos de la SU, que están cada uno conectados a una UCOM. El switch de la red troncal determina el puerto de destino y envía las tramas a la UCOM correspondiente. El procedimiento para el encaminamiento se describe en el apartado 1.1.2.

15 Si no se conocen las direcciones de destino de la red troncal/switch (por ejemplo, en la fase startup o después de una reconfiguración), se dirigen las tramas emitidas a todos los puertos, es decir, también a ambas UCOMs. Como muestra la figura 4, no se filtran las tramas necesarias de la UCOM, para evitar el tráfico innecesario en la línea SU. La UCOM reenvía telegramas sólo de la red troncal, cuando conoce su dirección (SU). El procedimiento se describe con más detalle en el apartado 1.3, "Función de filtro de la UCOM".

b) Direccionamiento y enrutamiento de paquetes de la unidad de conmutación al puesto de enclavamiento

20 Como muestra la Figura 5, cada SU también debe enviar dos tramas a la Stw. Aquí deben de ser utilizadas dos direcciones de destino, para así suministrar seguro los dos interfaces del Stw. Esta dirección de destino no debe de ser preconfigurada, sino aprendida desde la SU por medio de los paquetes-Stw entrantes. En esta configuración, es básicamente insignificante sobre qué interfaz SU que dirección de destino Stw va dirigida.

1.1.2 Configuración con dos redes troncales físicamente separadas

a) Direccionamiento y enrutamiento de paquetes desde el puesto de enclavamiento a la unidad de conmutación

30 Si se usan dos redes troncales físicamente separados (véase la Figura 6), el principio de funcionamiento básico sigue siendo el mismo que con una red troncal. El Stw debe enviar a través de ambos puertos tramas Unicast a las UCOM que alimentan el telegrama en ambas direcciones en la línea SU. Para que de configuraciones mixtas (véase el apartado 1.1.3) se pueda conseguir una configurabilidad lo más simple posible, se envían dos tramas por cada SU con sus dos direcciones de destino sobre las dos redes físicas. Las tramas no requeridas, cuyas direcciones de destino SU no son conocidas por la correspondiente UCOM, se filtran por la UCOM.

b) Direccionamiento y enrutamiento de paquetes de la unidad de conmutación al puesto de enclavamiento

35 Como muestra la Figura 7, la SU envía una trama sobre las dos redes al Stw. Para lo que se deben de utilizar como direcciones de destino, la dirección de origen Stw de las tramas Stw recibidas en el puerto correspondiente. Esto está en contraste con la configuración con una red que se muestra en la Figura 5 en la que es insignificante, sobre qué interfaz SU va dirigida que dirección de destino Stw.

1.1.3 Configuración con redes troncales separadas y comunes

40 Con ayuda de las reglas de configuración presentadas anteriormente se pueden conectar las líneas SU en cualquier puerto de la red troncal y la SU sin tener en cuenta la orientación del puerto. La configuración de la Figura 8 presupone, sin embargo, que la conexión derecha del Stw, como se muestra, ocurre sobre dos puertos, de lo contrario no se daría la redundancia para la línea SU derecha.

1.2 Función de filtro para suprimir telegramas redundantes

En la SU y el Stw deben filtrarse las tramas doblemente enviadas (duplicados) por razón de redundancia. El procedimiento se describe en el apartado 1.3 y aquí sólo se repetirá lo principal.

Puesto que se trata de una red ferroviaria para un medio controlado, se supone para todos los interlocutores una pila PRP. Dado que todos los nodos tienen una pila PRP, no se envía ninguna trama de supervisión.

5 La pila PRP añade al final de los datos de usuario el Redundancy Controller Trailer (RCT), que contienen un número de secuencia, que se incrementa por cada trama enviada (con relación al tráfico). El formato exacto de la trama se describe en la norma IEC 62439. Múltiples tramas transmitidas con la misma capacidad útil tienen diferentes números de secuencia, en oposición con las tramas redundantes que tienen el mismo número de secuencia.

10 Como se mencionó en la introducción, se supone en adelante que todos los nodos cuentan con una pila PRP. Para otras configuraciones (con nodos sin pila PRP) se remite aquí a los conceptos de realización.

La función de filtro requiere el reconocimiento de duplicados. Estos cumplen las dos siguientes condiciones:

1. Tienen la misma relación de tráfico; es decir, el mismo par de transmisor y receptor. Si la SU y el Stw requieren múltiples direcciones MAC, estas deben simplemente poder "mapearse" consecutivamente.

15 2. Tienen el mismo número de secuencia, un número de colocación adjunto a los datos, que (por relación de tráfico) se incrementa con cada trama transmitida. Múltiples tramas transmitidas con idéntico contenido tienen por lo tanto diferentes números de secuencia en oposición a las tramas redundantes.

El receptor lleva una tabla Hash con la relación de tráfico y el número de secuencia como clave. Cuando se realiza una trama, busca la clave en la tabla Hash. En caso de que encuentre una entrada correspondiente, se desestima la trama; si no, se crea una entrada correspondiente en la tabla Hash y se pasa la trama.

20 El procedimiento también funciona para tramas Broadcast y Multicast, que sin embargo no se emplean en la red de datos ferroviario actual.

1.3 Supresión del bucle

25 Un gran problema en la topología en malla (como en la red de datos ferroviarios según la invención) son las tramas que circulan sin fin en la red. Los protocolos definidos en IEEE 802.1x (Spanning Tree, etc) no son adecuados para la red de datos ferroviarios por razón del tiempo.

1.3.1 Supresión del bucle de tramas Broadcast o Multicast

30 El mayor potencial de los bucles que tienen tramas Broadcast o Multicast, es que por lo general no son filtrados por los Switches. Como muestra la Figura 9, una trama de este tipo sería enviada sin contramedida interminablemente de la red troncal a la UCOM a, a partir de ahí sobre la línea SU a la UCOM b y de nuevo a la red troncal. La trama circula también en dirección opuesta, suministra toda la capacidad de la línea SU indefinidamente y desde la red troncal en cada paso a todos los nodos de red.

35 En la red de datos ferroviarios actual no se necesitan protocolos basados en Broadcast como por ejemplo ARP (ver apartado 1.4). Como muestra la Figura 10, se suprimen los bucles de forma fiable, al rechazar la UCOM ocasionalmente las tramas Broadcast y Multicast entrantes de la red troncal. Simultáneamente se libera la línea SU de perturbaciones en el tráfico. Se deben reenviar las ramas Broadcast o Multicast, procedentes de la línea SU.

1.3.2 Supresión de bucle de tramas Unicast

40 Como muestra la Figura 11, las tramas Unicast circularan también ilimitadamente, sin contramedidas. Una trama enviada de S1 a AB0, pasa sobre UCOM a, de las SUs y UCOM b de nuevo a la red troncal, de donde de nuevo se envía a la UCOM a. Como problema adicional también sería la dirección S1 de un puerto troncal falso, asignado a la UCOM b, por lo que el puerto del puesto de enclavamiento S1 no se alcanzaría más (hasta la siguiente trama enviada desde el puesto de enclavamiento).

Como muestra la Figura 12, la UCOM conoce todas las direcciones del puerto atribuidas de la línea SU (puerto = dirección MAC). Las tramas, con otras direcciones de destino desconocidas (S1 → X) son rechazadas por la UCOM y nunca vienen sobre la línea SU. Así, la carga se reduce y para estos tramos no es posible ningún bucle.

45 En la línea SU pasan tan sólo tramas que van dirigidas a un SU. Cada SU debe aceptar las tramas que van dirigidas a ellos y no puede reenviarlas en la línea SU. Eso significa precisamente que tramas, que corresponden a una de las

direcciones SU, no se reenvían por la SU y así nunca llega a la segunda UCOM. El bucle se interrumpe de manera fiable para estas tramas.

5 Puede suceder que después de que la UCOM han aprendido todas las direcciones ocurridas en la línea SU, una SU en funcionamiento se elimina de la línea SU. En este caso, reenviaría la UCOM una trama, cuya dirección no se encuentra más sobre la línea SU. Así que esta trama no se envía al final de la línea de la UCOM a la red troncal, la UCOM dirige sólo tramas sobre la red troncal, cuya dirección de destino no procede de su propia línea SU. La tabla de aprendizaje de direcciones de la UCOM tiene además una entrada TTL que pierde su validez si una SU larga no envía más tramas. Las tablas de aprendizaje de la UCOM de la izquierda y derecha serán inválidos al mismo tiempo. Si esto no es exactamente el caso, puede ser que una trama se envía como máximo una vez en círculo.

10 1.4 Direccionamiento

1.4.1 Gestión de la Dirección

a) Principios

La red de datos ferroviarios actual se trata de un entorno controlado y configurado.

15 Esto significa que el Stw y cualquier estación de diagnóstico conocen la topología y cada nodo de red debido a la configuración elaborada por el proyecto. Las estaciones de diagnóstico no son componentes fijos de la configuración, sino que se podrían conectar dinámicamente. Los archivos de configuración del sistema se almacenan estáticamente en las estaciones de diagnóstico (análogas a la estación de enclavamiento) y no se puede localizar de forma dinámica.

20 En la UCOM, la SU y los DFE no se deben almacenar datos de configuración, para que estos puedan ser reemplazados en el campo en cualquier momento y sin más precauciones. La identificación necesaria de los DFE se realiza sobre una dirección de aplicación que se almacena sobre un Dongle, que está firmemente asignada a la instalación. Las direcciones IP y MAC se derivan algorítmicamente de la dirección de aplicación (Dongle).

25 Las otras características necesarias para el enrutamiento, la retransmisión y el filtrado de tramas se aprenden durante el funcionamiento. Como explícitamente no se pone ningún protocolo de la asignación/resolución dinámica (como BOOTP o ARP), la línea SU no debe ser capaz de Broadcast. Para minimizar la complejidad, se filtrarán por lo tanto las tramas Broadcast de la UCOM.

b) Tipo, aplicación y uso de las direcciones

Dirección de las aplicaciones:

- Se utiliza en la aplicación del puesto de enclavamiento para dirigir a DFE;
- 30 - La asignación se realiza sobre un Dongle;
- Permite la sustitución del DFE sin reconfiguración manual de la dirección.

Dirección MAC:

- Se utiliza para el direccionamiento de la capa 2 de todos los componentes.
- Se utiliza para el transporte de paquetes relevantes en tiempo y seguridad a través de la red troncal y la línea SU.
- 35 - La UCOM y la SU utilizan direcciones administradas locales, que se derivan de la dirección de aplicación (Dongle).
- El Stw y los equipos de servicio y de diagnóstico tienen una dirección MAC existente basada en hardware.

Dirección IP:

- Se utiliza para el diagnóstico (a distancia).
- 40 - Transporte de datagramas IP en la red de datos ferroviarios;

- Las direcciones de SU y UCOM se desvían del Dongle, se selecciona una dirección del espacio de direcciones de las direcciones IP privadas. La composición de la dirección se describe en el apartado 4.3.

- El Stw y la puerta de enlace están predeterminadas.

1.4.2 Proceso Startup

5 Los componentes son intercambiables y no requieren ninguna configuración previa manual durante la instalación o el intercambio. Los componentes se configuran de forma automática por el proceso Startup que se describe a continuación. La configuración tiene lugar después de un Power-On Reset.

Los siguientes requisitos deben cumplirse para que el proceso Startup pueda tener lugar:

- El Stw tiene la aplicación DFE y las direcciones MAC debido a la configuración.

10 - La UCOM no ha aprendido ninguna dirección

- La SU ha leído a través del canal de servicio del DFE la dirección de aplicación (A) del Dongle HW.

La UCOM reenvía sólo tramas de la red troncal en la línea SU, cuando conoce su dirección SU (A). (Véase también el apartado 1.1.1)

15 La primera trama del Stw al SU se descarta porque la UCOM no conoce la dirección de la SU. La SU se registra en la UCOM. Esto se hace mediante paquetes "Hello" especiales, que se envían cuando la SU no ha enviado un tiempo definido (Hello-Time). A través de los paquetes "Hello" de la SU, la UCOM aprende su dirección. En lo sucesivo los telegramas se conducirán del STW a SU. Si se elige el Hello-Time mayor que el Poll-Zeit (tiempo de sondeo) del Stw, el paquete Hello se envía solamente en la conexión o después del intercambio de los componentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Red de datos ferroviarios jerárquicamente estructurados para la comunicación en tiempo determinista y altamente fiable de paquetes de datos de control del tráfico ferroviario desde un puesto de enclavamiento (Stw) a los elementos de campo descentralizados (DFE) y/o desde los elementos de campo descentralizado (DFE) al puesto de enclavamiento (Stw), que comprende:
- a) una o más redes troncales de alta disponibilidad (OTN),
- b) el puesto de enclavamiento que está conectado de forma redundante a la red troncal o las redes troncales (OTN) por al menos dos interfaces,
- 10 c) por lo menos dos elementos del campo descentralizados (DFE) interconectados para constituir una línea y que se acoplan a través respectivamente de una unidad funcional descentralizada (SU) a la línea, en donde los dos extremos de la línea respectivamente terminan en una puerta de enlace (UCOM) y son interconectados sobre la red troncal o las redes troncales (OTN) para constituir un anillo;
- 15 d) un ordenador central del puesto de enclavamiento independiente del emplazamiento, que a través de varios puertos envía paquetes de datos que están dirigidos de manera redundante a la unidad funcional descentralizada (SU) dependiente del emplazamiento a través de las dos puertas de enlace (UCOM), en donde la unidad funcional descentralizada (SU) envía del mismo modo paquetes de datos al ordenador central del puesto de enclavamiento a través de dos puertos y donde el ordenador central del puesto de enclavamiento dirige, a través de varios puertos diferentes, los paquetes de datos redundantes a una unidad funcional descentralizada determinada (SU) la cual recibe los paquetes de datos redundantes a través de varios puertos diferentes, en donde las puertas de enlace (UCOM) situadas entre una red troncal y una línea retransmiten sólo los paquetes de datos que se dirigen a los
- 20 elementos del campo descentralizados (DFE) situados sobre la línea, en el que los paquetes de datos que presentan una dirección desconocida a nivel de la puerta de enlace (UCOM) son rechazados por la puerta de enlace respectiva (UCOM).
- 25 2. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 1, en el que los paquetes de datos redundantes tienen diferentes direcciones de red, pero idénticos números de secuencia gracia a los cuales el ordenador central del puesto de enclavamiento o la unidad funcional descentralizada (SU) identifica los paquetes de datos redundantes.
3. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 1 o 2, en el que la unidad funcional descentralizada (SU) recibe los paquetes de datos redundantes a través de los dos puertos y también utiliza los puertos para reenviar los paquetes de datos dentro de la línea.
- 30 4. Red de datos ferroviarios según una de las reivindicaciones precedentes, en el que las puertas de enlace están diseñadas para ser autoconfigurables y mediante las direcciones del remitente aprender que unidades funcionales descentralizadas (SU) se encuentran sobre la línea.
- 35 5. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 4, en el que las puertas de enlace aprenden la dirección de las unidades funcionales descentralizadas (SU) situadas sobre la línea por medio de paquetes "Hello" emitidos periódicamente por los ordenadores conectados a la unidad funcional descentralizada (SU).
6. Procedimiento para la comunicación en tiempo determinista y altamente fiable de paquetes de datos de control del tráfico ferroviario desde un puesto de enclavamiento (Stw) a los elementos de campo descentralizados (DFE) y/o desde los elementos de campo descentralizado (DFE) al puesto de enclavamiento (Stw), en una red de datos ferroviarios jerárquicamente estructurados, que comprende las siguientes etapas:
- 40 a) configuración de una o más redes troncales de alta disponibilidad (OTN),
- b) configuración de un puesto de enclavamiento que está conectado de forma redundante a la red troncal o a las redes troncales (OTN) por al menos dos interfaces,
- 45 c) configuración de por lo menos dos elementos del campo descentralizados (DFE) interconectados para constituir una línea y que se acoplan respectivamente sobre una unidad funcional descentralizada (SU) en la línea, en donde los dos extremos de la línea respectivamente terminan en una puerta de enlace (UCOM) y son interconectadas sobre la red troncal o las redes troncales (OTN) para constituir un anillo;
- d) configuración de un ordenador central del puesto de enclavamiento independiente del emplazamiento, que a través de varios puertos envía paquetes de datos que están dirigidos de manera redundante a la unidad funcional descentralizada (SU) dependiente del emplazamiento sobre las dos puertas de enlace (UCOM), en donde la unidad

- funcional descentralizada (SU) envía del mismo modo paquetes de datos al ordenador central del puesto de enclavamiento a través de dos puertos y donde el ordenador central del puesto de enclavamiento dirige, a través de varios puertos diferentes, los paquetes de datos redundantes a una unidad funcional descentralizada determinada (SU) la cual recibe los paquetes de datos redundantes a través de varios puertos diferentes, en donde las puertas de enlace (UCOM) situadas entre una red troncal y una línea retransmiten sólo los paquetes de datos que se dirigen a los elementos del campo descentralizados (DFE) situados sobre la línea, en el que los paquetes de datos que presentan una dirección desconocida a nivel de la puerta de enlace (UCOM) son rechazados por la puerta de enlace respectiva (UCOM).
- 5
7. Procedido según la reivindicación 6, en el que los paquetes de datos redundantes disponen de direcciones de red diferentes, pero de números de secuencia idénticos gracia a los cuales el ordenador central del puesto de enclavamiento o la unidad funcional descentralizada (SU) identifica los paquetes de datos redundantes.
- 10
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, en el que la unidad funcional descentralizada (SU) recibe los paquetes de datos redundantes a través de los dos puertos y también utiliza los puertos para reenviar los paquetes de datos en los límites de la línea.
- 15
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que las puertas de enlace están concebidas para que se autoconfiguren y aprendan, mediante las direcciones de remitentes, que unidades funcionales descentralizadas (SU) se encuentran sobre la línea.
- 20
10. Procedido según la reivindicación 9, en el que las puertas de enlace aprenden la dirección de las unidades funcionales descentralizadas (SU) situadas sobre la línea, a través de paquetes "Hello" enviados periódicamente por los ordenadores conectados a la unidad funcional descentralizada (SU).

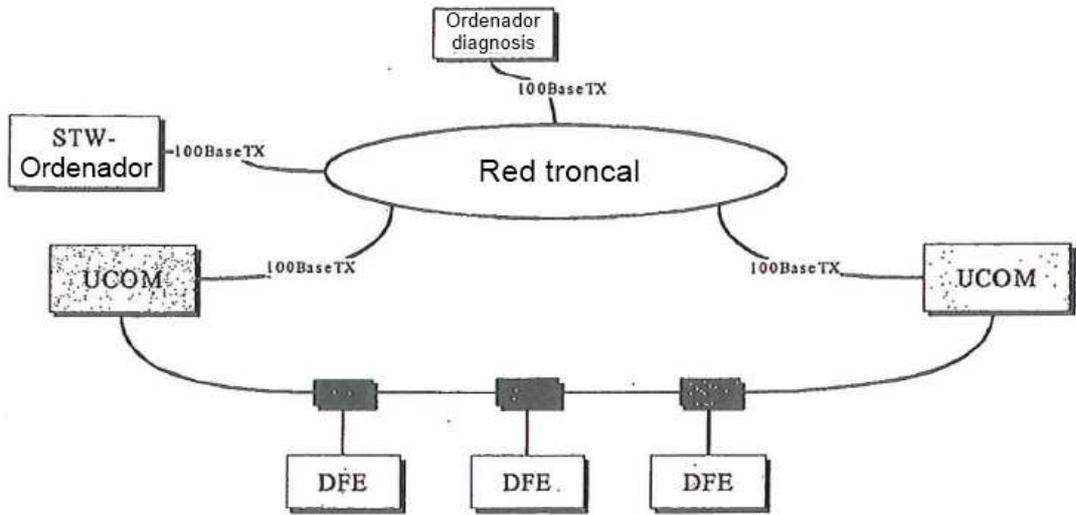


Fig. 1

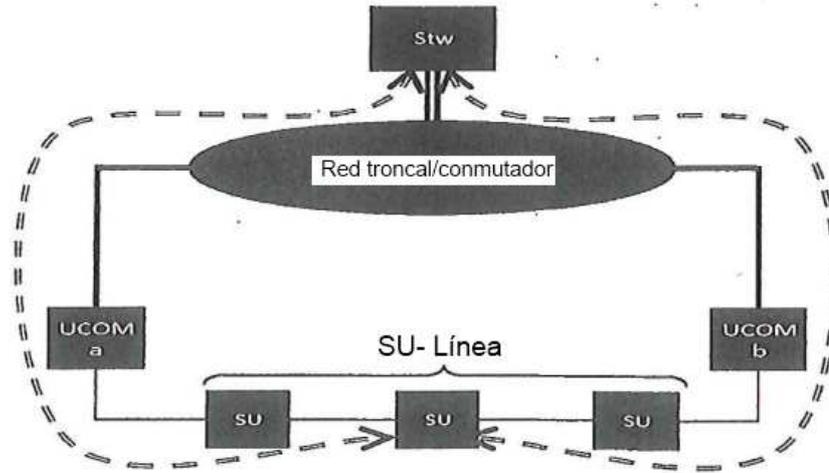


Fig. 2

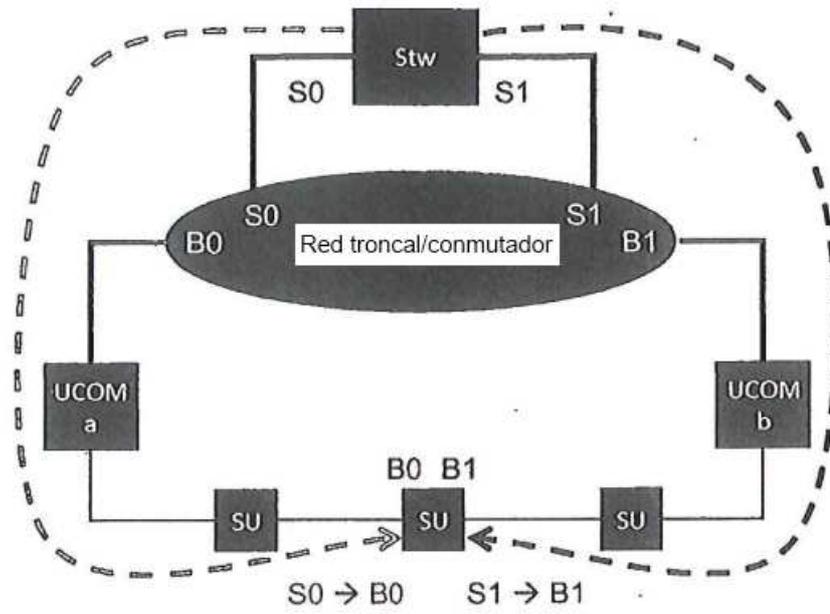


Fig. 3

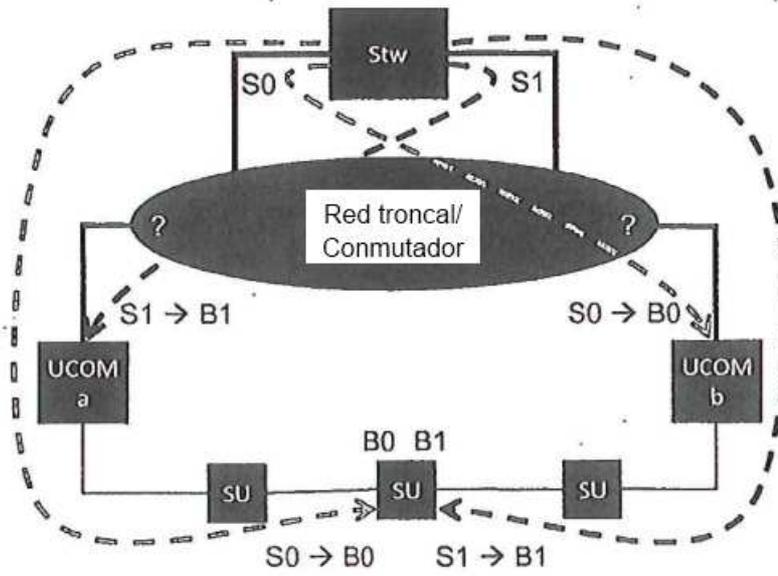


Fig. 4

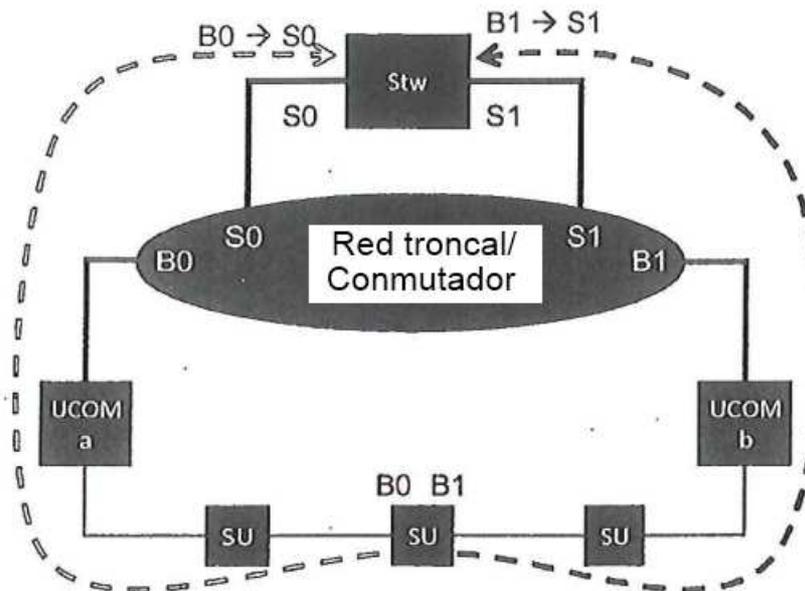


Fig. 5

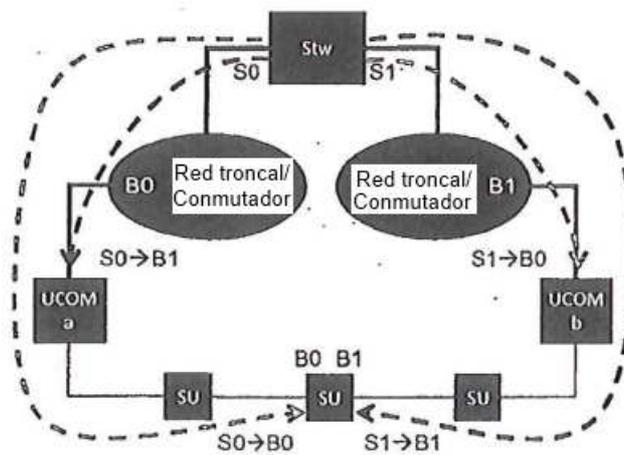


Fig. 6

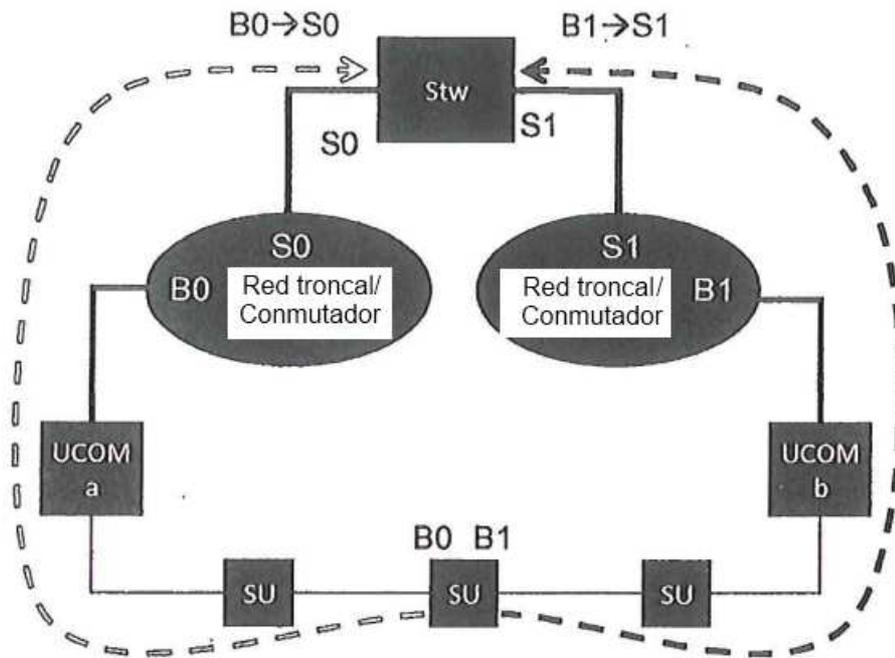


Fig. 7

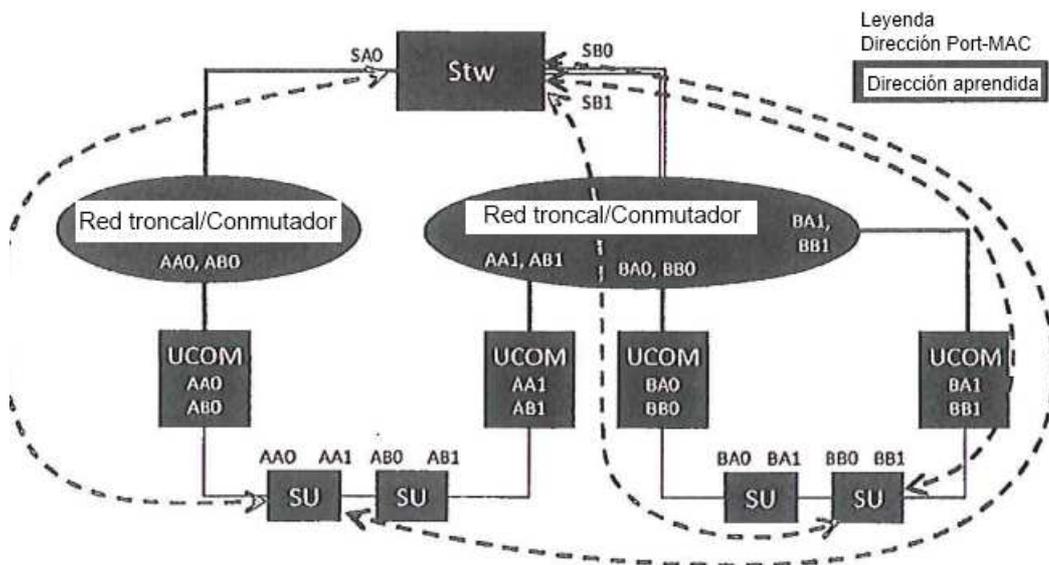


Fig. 8

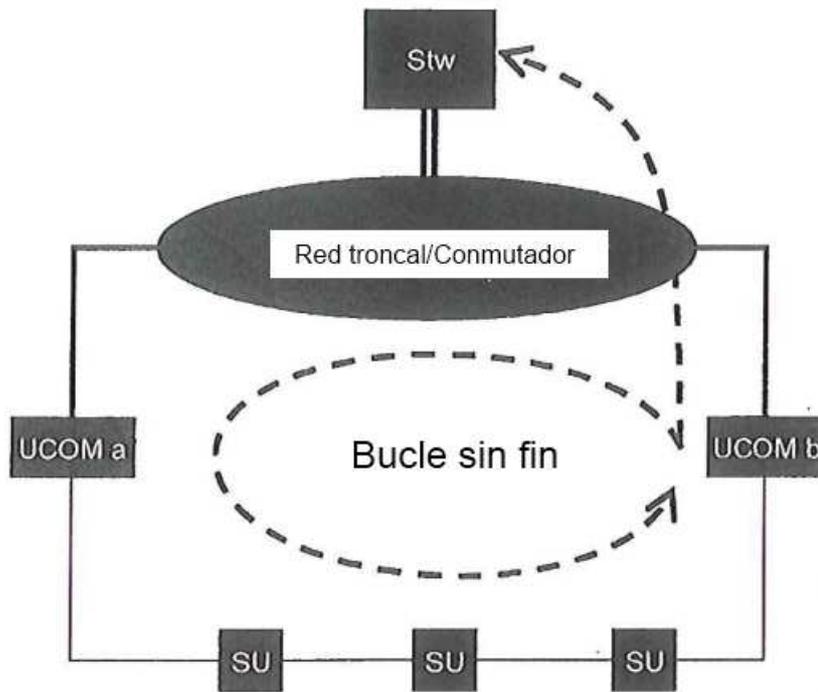


Fig. 9

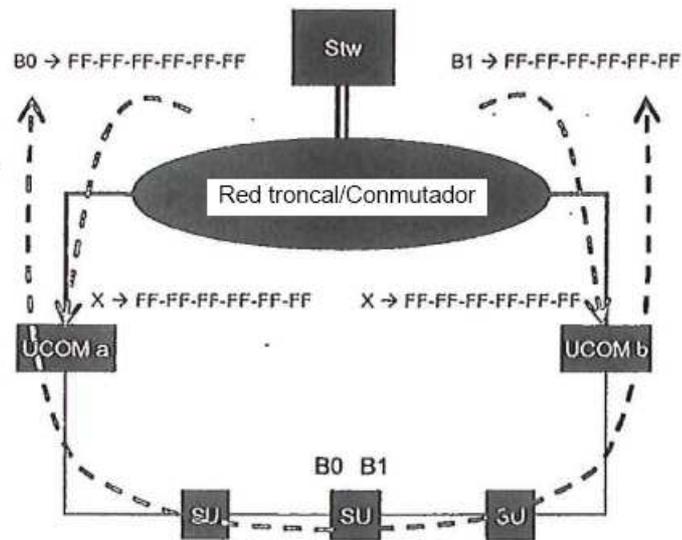


Fig. 10

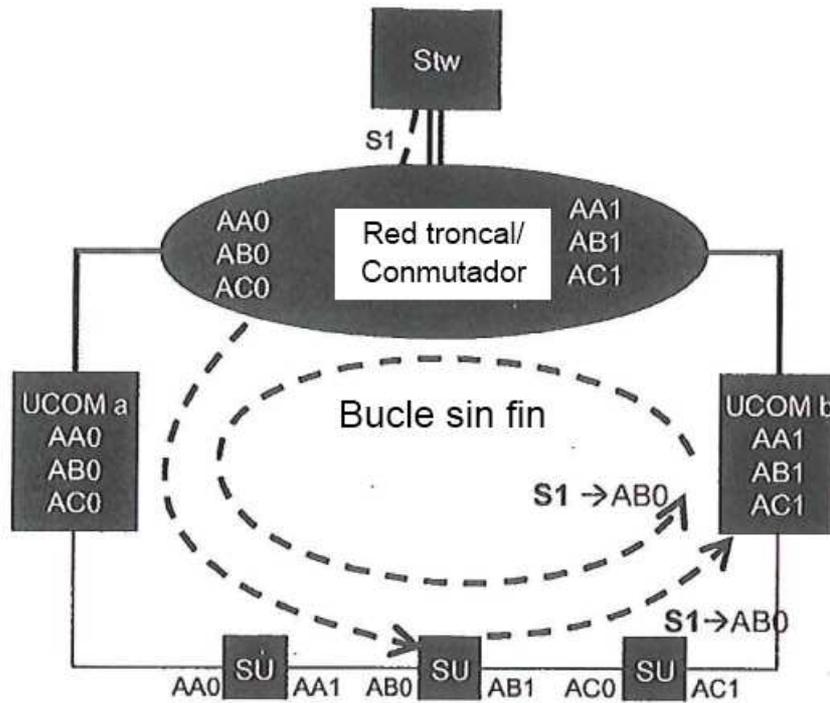


Fig. 11

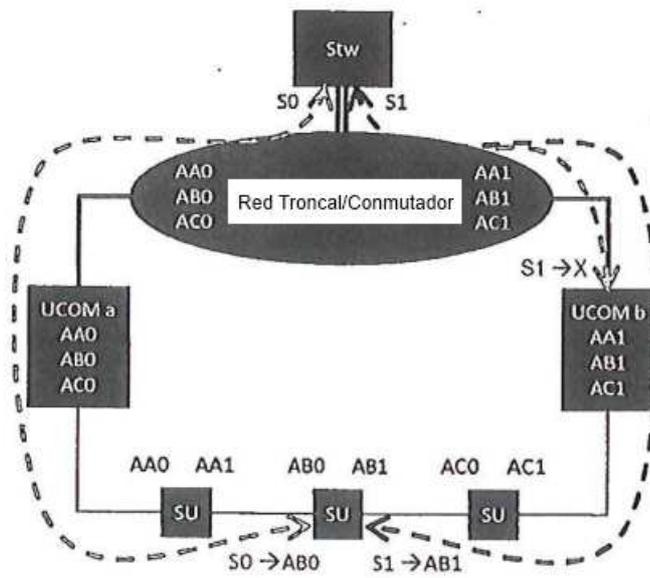


Fig. 12

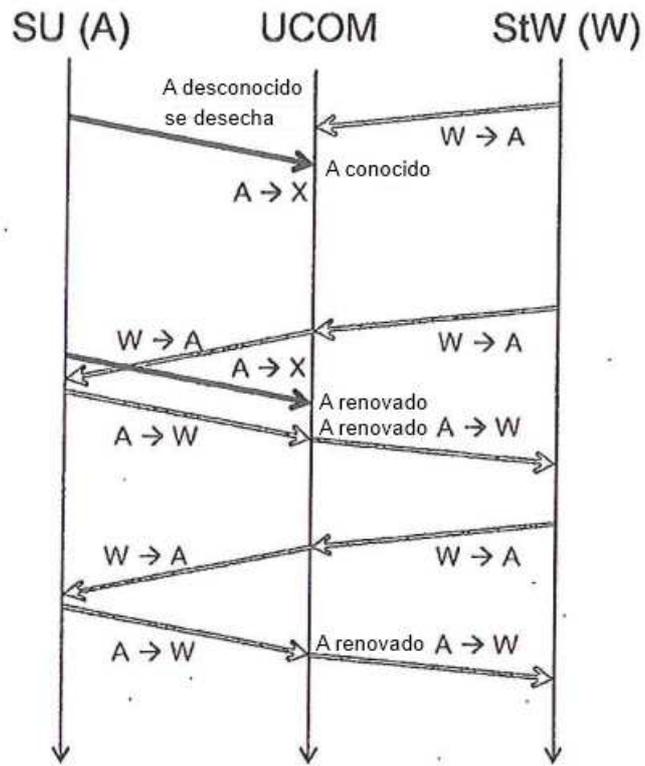


Fig. 13

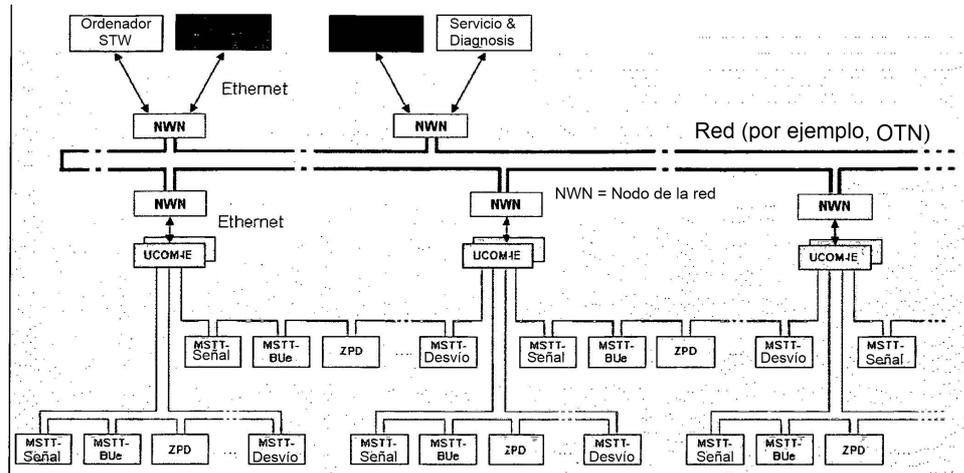


Fig. 14