

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 764**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/437** (2006.01)

**B61L 19/06** (2006.01)

**B61L 27/00** (2006.01)

**H04L 12/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2009 E 09176333 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 2242214**

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:

**04.10.2018**

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 2 684 764 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 determinista respecto al tiempo y altamente fiable en una red estructurada jerárquicamente, que consta de una o más redes troncales de alta disponibilidad y de líneas de unidades funcionales descentralizadas.

10 Estas unidades funcionales descentralizadas se utilizan, en particular, en las redes de transporte por ferrocarril, donde se utilizan para controlar las unidades que influyen en el vehículo y/o en la ruta y/o las unidades de control del vehículo y respectivamente de la ruta y para controlar su funcionalidad y registrar e informar los datos del proceso. Como unidades de influencia en el tren, que dan instrucciones al conductor, o incluso intervienen directamente en el control del vehículo ferroviario o establecen directamente una ruta segura, pueden ser considerados, por ejemplo, las señales, las agujas, 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 control de un tramo de vía y de 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 suelen estar controladas desde 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 por hoy se prevén, por lo general, cables de cobre estandarizados, para cuya longitud de distancia clásica, debido a los parámetros de transmisión físicos, en la práctica, está en 10 km el límite superior de los revestimientos del cable (RLC). Para ciertos tipos de unidades funcionales, sin embargo, este límite superior sólo puede ser de un máximo de 6,5 km.

20 Hoy en día, sin embargo, ya se están utilizando redes de datos en vías férreas, que se usan, por ejemplo, para el intercambio de datos entre puestos de enclavamientos adyacentes o entre puestos de enclavamiento y sistemas de control. Sin embargo, no se utilizan con la finalidad de controlar y vigilar las unidades funcionales de influencia en los trenes y/o de vigilancia de los trenes, lo que permite, de este modo, un acercamiento a casi cualquier punto de distancia. Estas redes más bien están configuradas como tipo de red de transporte de datos (DTN), por ejemplo, una red de transporte óptico, y están instaladas para la transmisión de datos a nivel del funcionamiento operativo y similares.

25 El documento WO 2006051355 da a conocer una red con puestos de enclavamiento para el control de varias vías del tren. En la arquitectura jerárquica, se utiliza para el control un ordenador central con Backup CPU para el control, en el que están incluidas otras unidades PLC con hardware y software redundantes.

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

- la determinación de 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,
- los procedimientos de transmisión aplicados y las distancias de comunicación entre las diferentes partes de la instalación.

35 Estas redes de datos permiten así en ocasiones una mejora significativa en la relación precio/rendimiento y, no obstante, un intercambio de datos altamente fiable y seguro de las instalaciones de seguridad ferroviaria a lo largo de las vías férreas.

40 Ejemplos ilustrativos de aplicación de este tipo de redes de datos son las líneas secundarias o las líneas con ETCS nivel 2 o los tramos de túneles largos, para los que debido al límite en la longitud de las distancias con los cables del puesto de enclavamiento convencionales se requiere todavía una disposición de ordenadores del puesto de enclavamiento en el interior de los túneles. Las duras condiciones de funcionamiento vigentes requieren que los ordenadores del puesto de enclavamiento estén encapsulados en subterráneos o contenedores y operen con aire acondicionado. El mantenimiento en estos casos es por lo tanto costoso. Todo el problema consiste en que por la limitada distancia de posicionamiento del puesto de enclavamiento y las partes de las instalaciones en el exterior no pueden estar arbitrariamente separadas unas de las otras.

45 Las nuevas redes de datos tienen sin embargo la desventaja de que, básicamente, cada unidad funcional centralizada y descentralizada debe de acoplarse de manera adecuada a través de un punto de acceso y por razones de disponibilidad de manera redundante a una red de datos de este tipo. Por lo tanto actualmente en un único nodo de red para una conexión de una unidad funcional es necesario un gasto comparativamente alto para el acoplamiento con la red de datos, para al mismo tiempo obtener solo una tasa de transferencia de datos comparativamente baja en

relación a la capacidad de la red. Mientras que las redes de fibra de vidrio hoy en día permiten por ejemplo velocidades de transmisión desde Gigabytes hasta capacidad de transmisión de TeraBites, siendo sin embargo estas velocidades de transmisión solo marginalmente usadas en estas aplicaciones de técnica de seguridad.

5 Al mismo tiempo, también se reconoce un claro interés económico por parte de los operadores de infraestructuras ferroviarias de continuar utilizando, para el control de las instalaciones exteriores, los denominados cables del puesto de enclavamiento de larga duración vigentes (cables de cobre adaptados a las vías), los que hoy en día se utilizan para el funcionamiento de las unidades funcionales a través del puesto de emplazamiento.

10 Por las razones mencionadas anteriormente, la presente invención tiene como objetivo proporcionar un dispositivo y un procedimiento para controlar y/o supervisar unidades funcionales descentralizadas dispuestas a lo largo de la red de transporte, que, de una parte tiene la ventaja de utilizar una red de transporte de datos digital y de otra parte reduce de manera significativa los gastos asociados, como por ejemplo, los gastos de cableado, manteniendo al mismo tiempo una alta disponibilidad.

La presente invención resuelve además los siguientes problemas técnicos.

- Entrega múltiple (redundante) de paquetes a través de diferentes rutas (independientes);
- 15 - A pesar de la gran flexibilidad con respecto a las variantes de configuración y ampliación, los componentes no se tienen que preconfigurar antes de la instalación. (Para la instalación no se necesita ningún especialista en TI);
- Los componentes de la línea de flujo (unidades funcionales descentralizadas) se pueden cambiar durante el funcionamiento, sin que se deban de preconfigurar los componentes antes o después de su uso, o se deba de apagar toda la red;
- 20 - Se suprime el riesgo de paquetes en movimiento circular en sistemas redundantes.

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

25 El problema de la redundancia se resuelve para casi todas las redes de datos, por ejemplo al ser definido por mecanismos de redundancia para Ethernet, FDDI, DQDB, Token Ring, SDH. Estos mecanismos de redundancia y los del estándar IEC 62439 "Redes de comunicación industrial: redes de automatización de alta disponibilidad" ("Industrial communication networks: high availability automation networks) están altamente estandarizados. Hasta ahora, las redes de datos de alta disponibilidad se elaboraron sobre rutas de datos paralelas y dispositivos de red con puertos redundantes. Una configuración autónoma se consiguió con la ayuda de protocolos adicionales y por lo tanto altos costes de transporte, lo que requirió velocidades de transmisión de datos mayores y distancias restringidas a los  
30 medios de transmisión eléctricos. Para el intercambio de los componentes de señalización, se tuvo que cerrar una gran parte del sistema. Para evitar paquetes en movimiento circular, se detectaron conexiones redundantes a través de protocolos adicionales y las conexiones de red correspondientes se eliminaron de la red cuando no estaban en uso (Spanning Tree) [árbol de expansión]. Los tiempos de transmisión de datos deterministas se lograron por medio de una mayor velocidad de transmisión de datos, lo que repercutió en la distancia máxima entre los dos componentes del  
35 sistema y el costo de los medios de transmisión.

La invención se define a través de las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones se definen por las reivindicaciones dependientes.

40 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) en una línea y controlan las unidades terminales. La línea está conectada en ambos extremos sobre puertas de enlace a 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.

45 Las realizaciones ventajosas de la invención se indican a continuación.

La invención y sus realizaciones ventajosas se caracterizan sustancialmente por:

1. Una red estructurada jerárquicamente para la comunicación determinista respecto al tiempo 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.

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.
- 5 3. El ordenador central dirige paquetes redundantes a través de puertos diferentes a una unidad funcional descentralizada, que recibe los paquetes a través de diferentes puertos.
4. Los paquetes redundantes disponen de 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 también puede utilizar los puertos para reenviar paquetes.
- 10 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 se suministran a las unidades desde el exterior.
8. La puerta de enlace entre la red troncal y la línea solo reenvía paquetes a los terminales que se encuentran en la línea. Las direcciones desconocidas son rechazadas por la puerta de enlace.
- 15 9. La puerta de enlace no necesita configurarse, sino que aprende de las direcciones del remitente de los dispositivos que se encuentran en la línea.
10. Un paquete dirigido a una unidad funcional no se vuelve a reenviar por esta.
11. Si se usan redes troncales físicamente separadas, el ordenador central debe enviar tramas Unicast a través de ambos puertos a las puertas de enlace, que alimentan el telegrama desde las dos direcciones a la línea. A fin de lograr una configuración lo más simple posible de configuraciones mixtas, se envían dos tramas con sus direcciones de destino sobre las dos tramas físicas por cada unidad funcional descentralizada. Los paquetes que no son necesarios, cuyas direcciones de destino no son conocidas por la correspondiente puerta de enlace, se filtran por la puerta de enlace.
- 20 12. La puerta de enlace aprende la dirección de los ordenadores que están sobre la línea a través de paquetes "Hello", que emiten estos ordenadores. El filtro de paquetes de la puerta de enlace descarta las entradas después de un cierto tiempo, cuando no llegan más paquetes de un ordenador sobre su línea (por ejemplo, si una unidad funcional descentralizada se elimina de la línea durante el funcionamiento).
- 25 Por lo 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 están dirigidos a esta unidad funcional. Las puertas de enlace entre la red troncal y la línea filtran 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, en principio después de la iniciación dejan pasar todos los paquetes desconocidos, este Switch según la invención, bloquea, tras la iniciación, todos los paquetes que no pertenecen a su línea.
- 30 Ejemplos de realizaciones preferentes de la presente invención se explicarán con más detalle a continuación, en donde los dibujos muestran lo siguiente:
- 35 Figura 1: Descripción general del sistema.
- Figura 2: Principio de redundancia Slnet.
- Figura 3: Tramas del puesto de enclavamiento (Stw) a una unidad Switch (SU) sobre una red conmutada.
- 40 Figura 4: Filtrado de tramas dobles a través de un interfaz de comunicación (UCOM).
- Figura 5: Tramas de la SU al Stw sobre una red conmutada.
- 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 una trama Broadcast

Figura 10: Tramas Broadcast y Multicast desde la red troncal se rechazan en la UCOM

Figura 11: Supresión de bucle por la trama Unicast

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

Figura 13: Recorrido del proceso Startup

Figura 14: Diseño general

## Descripción general del sistema

### 1.1 Concepto de redundancia

10 La alta disponibilidad requerida para una red de datos ferroviarios, se consigue a través de la transmisión redundante y el filtrado de telegramas. El procedimiento se basa en el Protocolo de Redundancia Paralela 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.

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

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

20 **SU:** unidad de conmutación con dos conexiones a la línea SU y una conexión al elemento de campo descentralizado DFE (véase la Figura 1). La SU reenvía fundamentalmente tramas, 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 la Figura 1). Puesto que la SU actúa como un Proxy para el DFE, el DFE se considerará en adelante parte de la SU (ver la Figura 2).

La redundancia se basa en los siguientes principios básicos:

- El Stw debe enviar sus telegramas a través de la red troncal a la UCOM a y a la UCOM b.

25 

- Las SUs deben de enviar sus telegramas a través de los dos puertos, para que ambos puertos en el puesto de enclavamiento puedan recibirlo.

- El Stw y las SUs deben filtrar telegramas recibidos varias veces.

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

#### 30 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

35 Un Stw que envía un telegrama a una SU, envía varias (dos) tramas Unicast a direcciones diferentes B0 y B1 (el establecimiento de la dirección se describe en el apartado 1.4). Las direcciones corresponden a las direcciones de puerto de la SU, que están cada una conectada a una UCOM. El Switch de red troncal determina los puertos de destino y envía las tramas a la UCOM correspondiente. El procedimiento de enrutamiento se describe en el apartado 1.1.2.

Si la red troncal/Switch no conoce las direcciones de destino (por ejemplo, en la fase de inicio o después de una reconfiguración), reenvía las tramas emitidas a todos los puertos, es decir, también a ambas UCOMs. Como muestra la figura 4, se filtran las tramas innecesarias por la UCOM, para evitar el tráfico innecesario en la línea SU. La UCOM

sólo reenvía telegramas desde 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**

5 Cómo muestra la Figura 5, cada SU también debe enviar dos tramas al Stw. Deben de utilizarse dos direcciones de destino, para que ambos interfaces del Stw puedan ser suministrados de forma segura. Estas direcciones de destino no se deben de preconfigurar, sino que deben de ser conocidas por la SU en base a los paquetes-Stw entrantes. En esta configuración, no importa a través de qué interfaz SU se dirige qué dirección de destino Stw.

**1.1.2 Configuración con dos redes troncales físicamente separadas**

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

15 Si se utilizan 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 la UCOM, que alimentan el telegrama desde ambas direcciones en la línea SU. Para que de configuraciones mixtas (véase el apartado 1.1.3) se pueda conseguir una configuración lo más simple posible, se envían dos tramas por cada SU con sus dos direcciones de destino a través de las dos redes físicas. Las tramas no necesarias, cuyas direcciones de destino SU no son conocidas por la UCOM correspondiente, se filtran por la UCOM.

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

20 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 contrasta con la configuración que se muestra en la Figura 5 con una red en la que era irrelevante, a través de qué interfaz SU se dirigía qué dirección de destino Stw.

**1.1.3 Configuración con redes troncales separadas y comunes**

25 Con ayuda de las reglas de configuración presentadas anteriormente se pueden conectar las líneas SU a cualquier puerto de la red troncal y a 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, se realiza sobre dos puertos, de lo contrario no se daría la redundancia para la línea SU derecha.

**1.2 Función de filtro para la supresión de telegramas redundantes**

En la SU y el Stw deben filtrarse las tramas (duplicadas) enviadas dos veces por razones de redundancia. El procedimiento se describe en el apartado 1.3 y aquí sólo se repite lo principal.

30 Puesto que la red ferroviaria es un entorno controlado, se requiere una pila PRP para todos los participantes en la comunicación. Dado que todos los nodos tienen una pila PRP, no se envía ninguna trama de supervisión.

35 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 transmitida (con relación al tráfico). El formato exacto de la trama se describe en la norma IEC 62439. Por lo tanto las tramas transmitidas de forma múltiple con idéntico contenido útil tienen diferentes números de secuencia, en contraste con las tramas redundantes que tienen el mismo número de secuencia.

Como se mencionó en la introducción, se supone en adelante que todos los nodos tienen una pila PRP. Para otras configuraciones (con nodos sin pila PRP) se remite al concepto de realización.

La función de filtro requiere la detección de duplicados. Estos cumplen las dos condiciones siguientes:

40 1. Tener la misma relación de tráfico; es decir, la misma combinación de transmisor y receptor. Si la SU y el Stw requieren múltiples direcciones MAC, estas deben poder fácilmente "mapearse" entre sí.

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

El receptor lleva una tabla Hash con la relación de tráfico y el número de secuencia como clave. Cuando llega 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.

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

### 1.3 Supresión de bucle

Un gran problema con 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 razones de tiempo.

#### 10 1.3.1 Supresión del bucle de tramas Broadcast o Multicast

15 Las tramas Broadcast o Multicast tienen el mayor potencial de bucles, ya que no son filtrados por los Switches. Como se muestra en 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 vuelta a la red troncal. La trama circula también en sentido contrario, ocupando toda la capacidad de la línea SU y suministrando desde la red troncal en cada paso a todos los nodos de red.

En la presente red de datos ferroviarios no se requieren protocolos basados en Broadcast como por ejemplo el ARP (ver apartado 1.4). Como muestra la Figura 10, se suprimen los bucles de forma fiable, al rechazar la UCOM cualquier trama Broadcast y Multicast procedente de la red troncal. Al mismo tiempo la línea SU se libera de tráfico interferente. Se pueden reenviar las tramas Broadcast o Multicast, procedentes de la línea SU.

#### 20 1.3.2 Supresión de bucle de tramas Unicast

25 Como muestra la Figura 11, las tramas Unicast circularían también ilimitadamente, sin contramedidas. Una trama transmitida de S1 a AB0, se llevaría sobre UCOM a, las SUs y UCOM b de vuelta a la red troncal, de donde de nuevo se envía a la UCOM a. Como problema adicional, la dirección S1 también se asignaría a un puerto de red troncal erróneo, al que está asignada la UCOM b, por lo que el puerto del puesto de enclavamiento S1 no se alcanzaría más (hasta la siguiente trama enviada por el puesto de enclavamiento).

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

30 En la línea SU pasan tan sólo tramas que van dirigidas a un SU. Cada SU debe aceptar las tramas que van dirigidas a ella y no puede reenviarlas a la línea SU. Eso significa en concreto que las tramas que corresponden a una de las direcciones SU, no se reenvían por la SU y así por lo tanto nunca llegan a la segunda UCOM. De este modo el bucle se interrumpe de forma fiable también para estas tramas.

35 Puede suceder que después de que la UCOM han aprendido todas las direcciones que aparecen en la línea SU, se elimine una SU en funcionamiento de la línea SU. En este caso, la UCOM reenviaría una trama, cuya dirección no se encuentra más sobre la línea SU. Así para que esta trama no se lleva de la UCOM a la red troncal al final de la línea, la UCOM lleva sólo tramas a 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 no envía más tramas durante mucho tiempo. Las tablas de aprendizaje de la UCOM izquierda y derecha se invalidan al mismo tiempo. Si esto no es exactamente el caso, puede ser que una trama se envía en círculo como máximo una vez.

### 40 1.4 Direccionamiento

#### 1.4.1 Gestión de Direcciones

##### a) Principios

45 La red de datos ferroviarios actual es un entorno controlado y configurado. Esto significa que el Stw y cualquier estación de diagnóstico conocen la topología y los nodos individuales de red en función de la configuración elaborada en el proyecto. Las estaciones de diagnóstico no son componentes permanentes de la configuración, sino que se pueden conectar dinámicamente. Los archivos de configuración del sistema se almacenan estáticamente en las estaciones de diagnóstico (de forma análoga a la estación de enclavamiento) y no se puede calcular de forma dinámica.

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

- 5 El resto de la información necesaria para enrutar, reenviar y filtrar las tramas se aprende durante el funcionamiento. Como explícitamente no se utilizan protocolos para la asignación/resolución dinámica de direcciones (como BOOTP o ARP), la línea SU no necesita tener capacidad Broadcast. Para minimizar la complejidad, se filtrarán las tramas Broadcast por la UCOM.

#### **b) Tipo, aplicación y uso de las direcciones**

10 Dirección de la aplicación:

- Se utiliza en la aplicación del puesto de enclavamiento para dirigirse a DFE;
- La asignación se realiza via un Dongle;
- Permite el intercambio DFE sin reconfiguración manual de direcciones.

Dirección MAC:

- 15
- Se utiliza para el direccionamiento de la capa 2 de todos los componentes.
  - Sirve para el transporte de paquetes relevantes por el tiempo y la seguridad a través de la red troncal y la línea SU.
  - La UCOM y la SU utilizan direcciones administradas locales, que se derivan de la dirección de aplicación (Dongle).
  - Los ordenadores Stw y de servicio y diagnóstico tienen una dirección MAC basada en hardware.

Dirección IP:

- 20
- Se utiliza para el diagnóstico (a distancia).
  - Transporte de datagramas IP en la red de datos ferroviarios;
  - Las direcciones de SU y UCOM se derivan 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.

#### **25 1.4.2 Proceso de inicio**

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

Para que el proceso de inicio pueda tener lugar deben cumplirse los siguientes requisitos previos:

- 30
- El Stw tiene la aplicación DFE y las direcciones MAC debido a la configuración.
  - 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).

- 35
- 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 especiales "Hello", que siempre 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 envían del STW al SU. Si se elige un tiempo definido (Hello-Time) mayor que el tiempo de sondeo



## ES 2 684 764 T3

(Poll-Zeit) del Stw, los paquetes Hello se envían solamente en el momento del encendido o después del intercambio de componentes.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Red de datos ferroviarios jerárquicamente estructurados para la comunicación determinista respecto al tiempo 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),
  - b1) el puesto de enclavamiento que está conectado de forma redundante a la red troncal o a las redes troncales (OTN) por al menos dos interfaces,
  - 10 b2) por lo menos dos elementos de campo descentralizados (DFE) interconectados para formar una línea y que se acoplan a la línea a través respectivamente de una unidad funcional descentralizada (SU), en donde los dos extremos de la línea respectivamente terminan en una puerta de enlace (UCOM) y se interconectan sobre la red troncal o las redes troncales (OTN) para constituir un anillo;
  - 15 c) un ordenador del puesto de enclavamiento central e independiente del emplazamiento, que envía paquetes de datos a través de varios puertos, que de manera redundante, sobre ambas puertas de enlace (UCOM) alcanzan la unidad funcional descentralizada (SU) dependiente del emplazamiento, en donde la unidad funcional descentralizada (SU) del mismo modo envía, a través de dos puertos, paquetes de datos al ordenador central del puesto de enclavamiento y donde el ordenador central del puesto de enclavamiento envía, a través de varios puertos diferentes paquetes de datos redundantes a una unidad funcional descentralizada determinada (SU) la cual recibe, a través de puertos diferentes, los paquetes de datos redundantes.
  - 20
2. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 1, 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) identifican los paquetes de datos redundantes.
- 25 3. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 1 o 2, en el que la unidad funcional descentralizada (SU) recibe paquetes de datos redundantes a través de ambos puertos y también utiliza de forma óptima los puertos para reenviar los paquetes de datos.
- 30 4. Red de datos ferroviarios según una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la puerta de enlace (UCOM) entre una red troncal y una línea reenvía únicamente aquellos paquetes que están dirigidos a los elementos de campo descentralizados (DFE) que se encuentran en la línea, por lo que los paquetes con una dirección desconocida a nivel de la puerta de enlace (UCOM) se rechazan por la puerta de enlace (UCOM).
5. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 4, en la que la puerta de enlace es autoconfigurable y aprende sobre la base de las direcciones del remitente qué unidades funcionales descentralizadas (SU) se sitúan sobre la línea.
- 35 6. Red de datos ferroviarios según la reivindicación 4 o 5, 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).
- 40 7. Procedimiento para la comunicación determinista respecto al tiempo 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 estructurada, que comprende los siguientes pasos:
- a) Configuración de una o varias redes troncales de alta disponibilidad (OTN),
  - b1) Configuración de un puesto de enclavamiento que está conectado de forma redundante a la red troncal o las redes troncales (OTN) por al menos dos interfaces,
  - 45 b2) Configuración de al menos dos elementos de campo descentralizados (DFE) interconectados para formar una línea y que se acoplan a la línea a través respectivamente de una unidad funcional descentralizada (SU), en donde los dos extremos de la línea respectivamente terminan en una puerta de enlace (UCOM) y se interconectan sobre la red troncal o las redes troncales (OTN) para constituir un anillo;
  - c) Configuración de un ordenador del puesto de enclavamiento central e independiente del emplazamiento, que envía paquetes de datos a través de varios puertos, que de manera redundante, sobre ambas puertas de enlace (UCOM),

- 5 alcanzan la unidad funcional descentralizada (SU) dependiente del emplazamiento, en donde la unidad funcional descentralizada (SU) del mismo modo envía, a través de dos puertos, paquetes de datos al ordenador central del puesto de enclavamiento y donde el ordenador central del puesto de enclavamiento envía, a través de varios puertos diferentes, paquetes de datos redundantes a una unidad funcional descentralizada determinada (SU) la cual recibe, a través de puertos diferentes, los paquetes de datos redundantes.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, 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) identifican los paquetes de datos redundantes.
- 10 9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, en el que la unidad funcional descentralizada (SU) recibe paquetes de datos redundantes a través de ambos puertos y también utiliza de forma óptima los puertos para reenviar los paquetes de datos.
- 15 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la puerta de enlace (UCOM) entre una red troncal y una línea reenvía únicamente aquellos paquetes que están dirigidos a los elementos de campo descentralizados (DFE) que se encuentran en la línea, por lo que los paquetes con una dirección desconocida a nivel de la puerta de enlace (UCOM) se rechazan por la puerta de enlace (UCOM).
11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la unidad de comunicación es autoconfigurable y aprende sobre la base de las direcciones del remitente qué unidades funcionales descentralizadas (SU) se sitúan sobre la línea.
- 20 12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, en el que la unidad de comunicación 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).

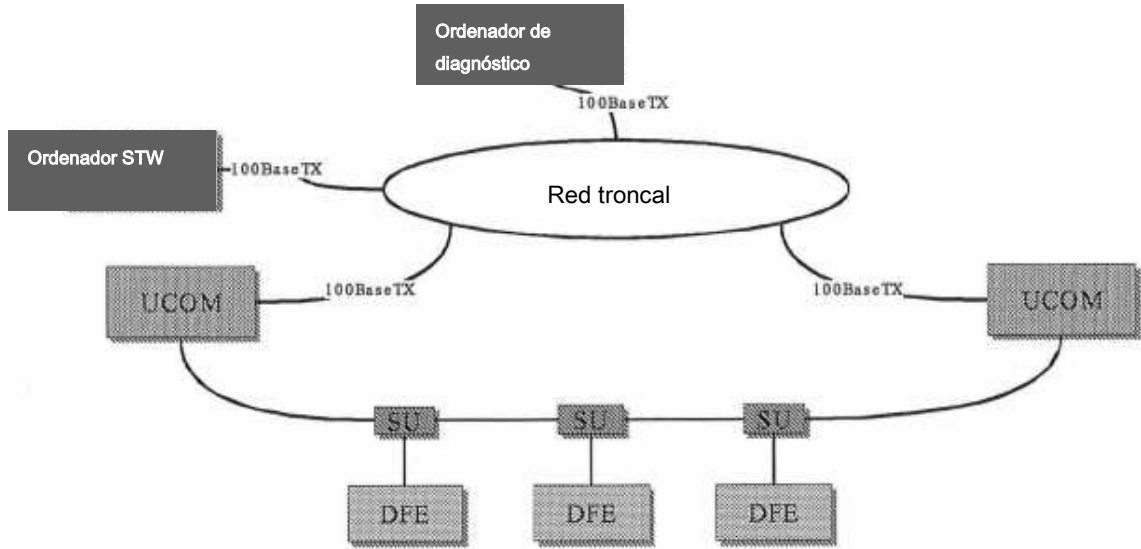


Fig. 1

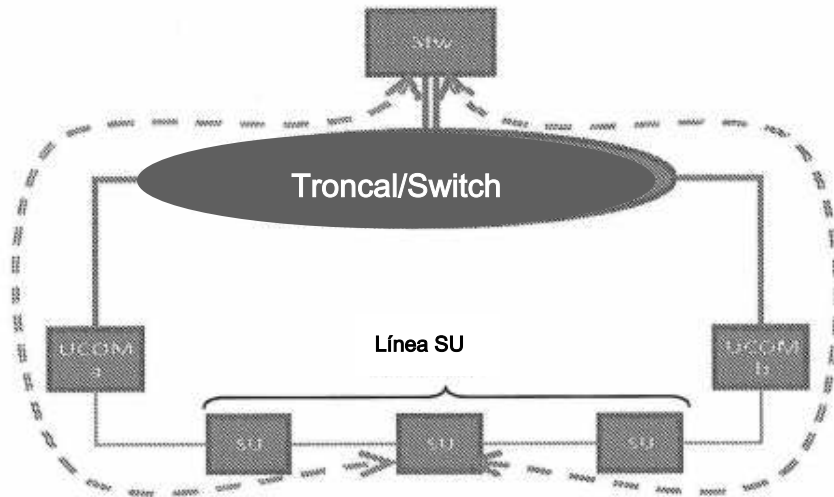


Fig. 2

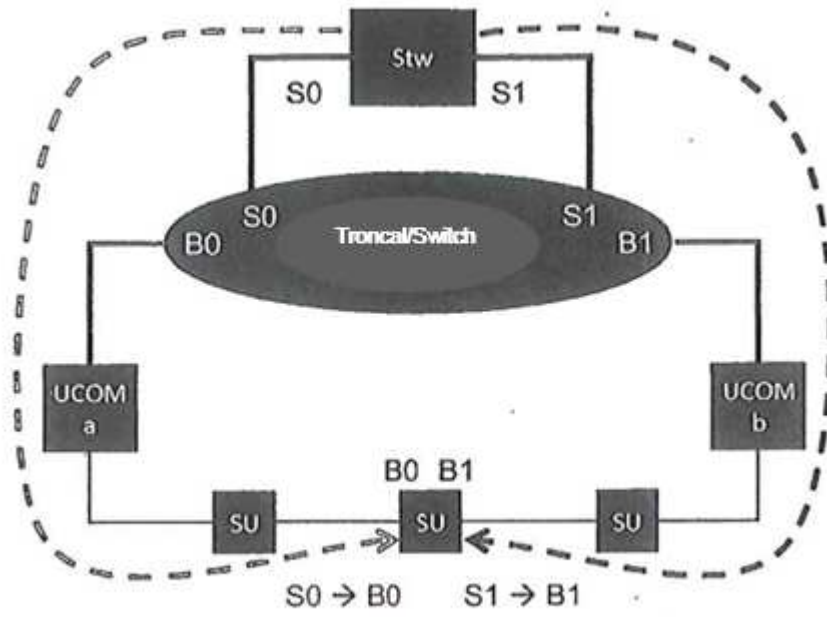


Fig. 3

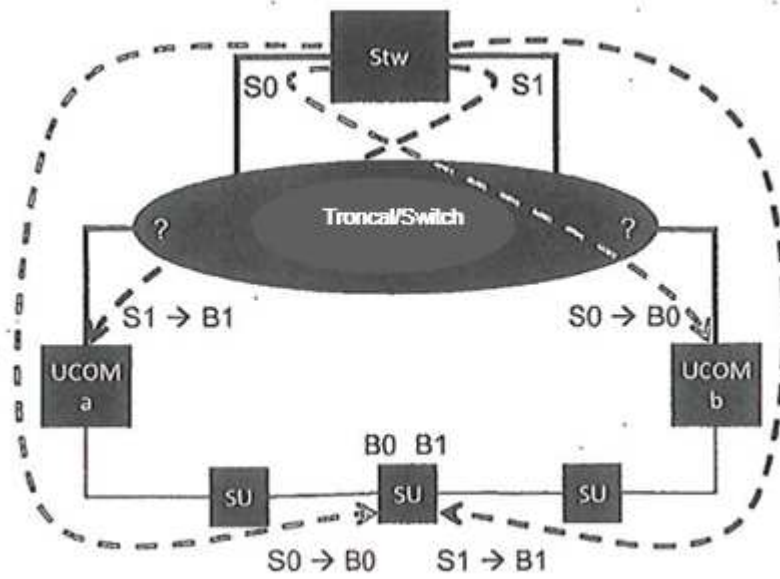


Fig. 4

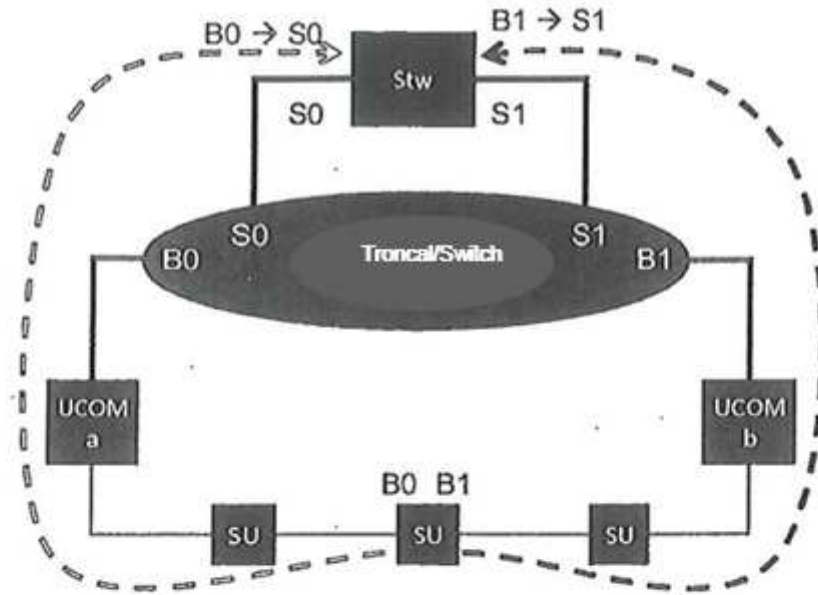


Fig. 5

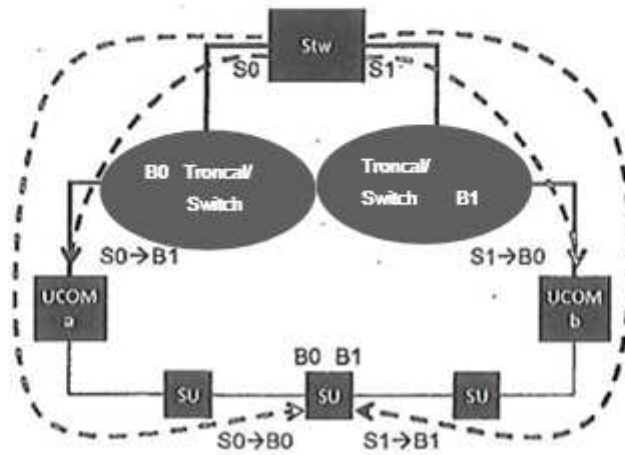


Fig. 6

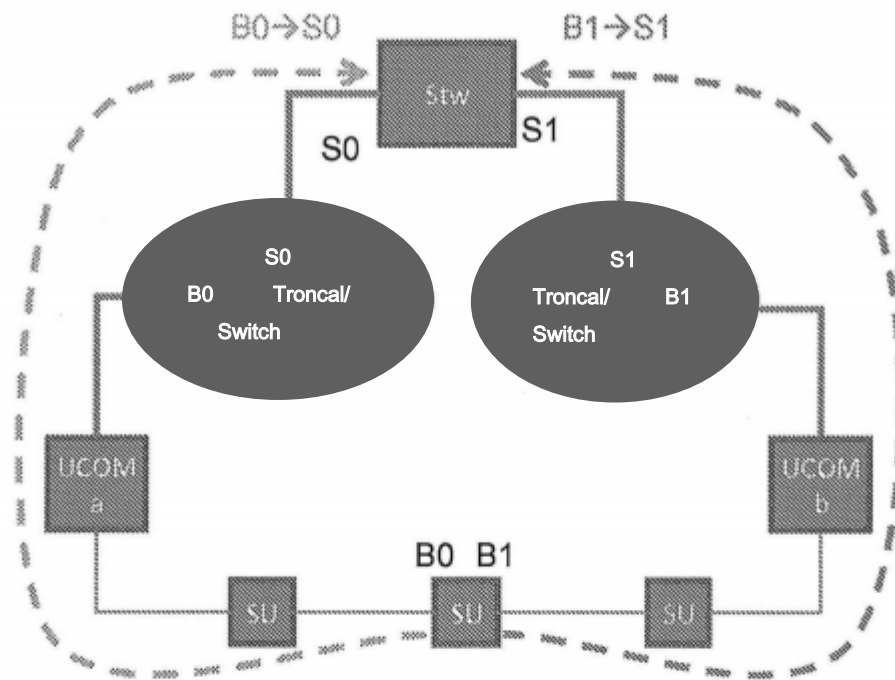


Fig. 7

Clave:  
Dirección Puerto MAC

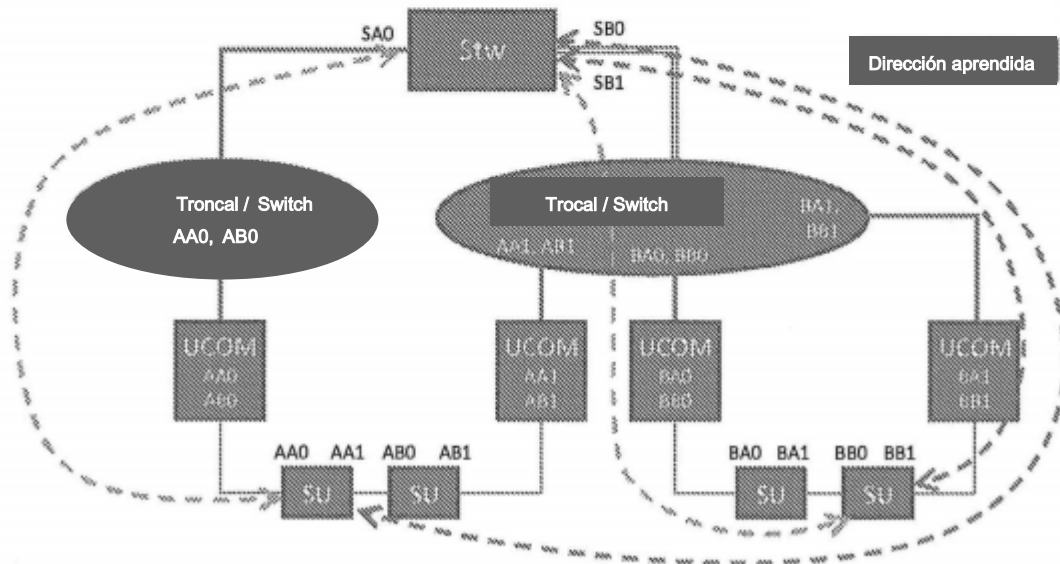


Fig. 8

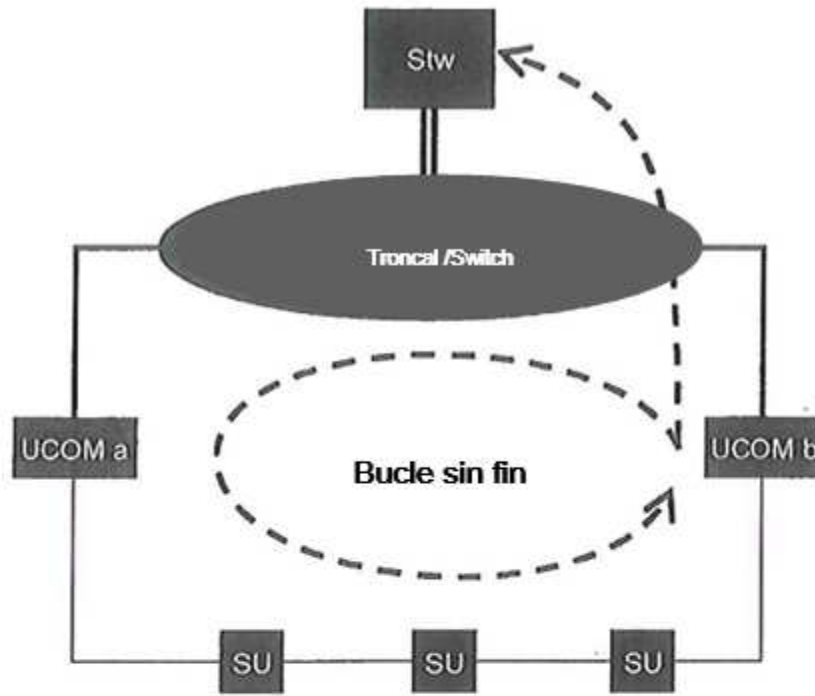


Fig. 9

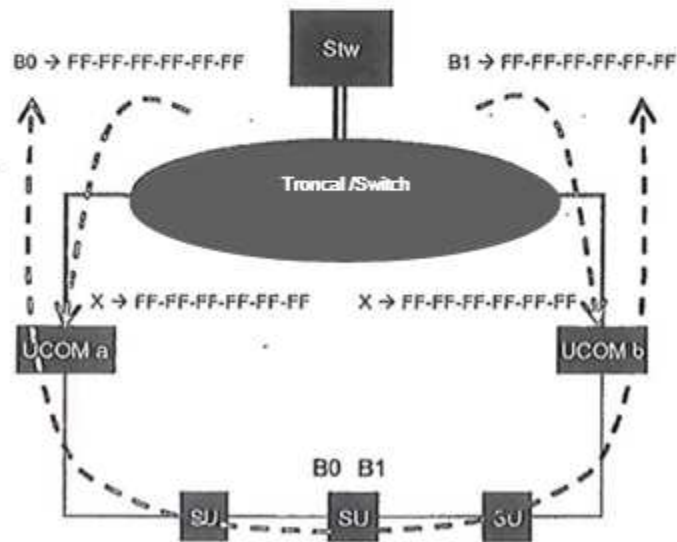


Fig. 10



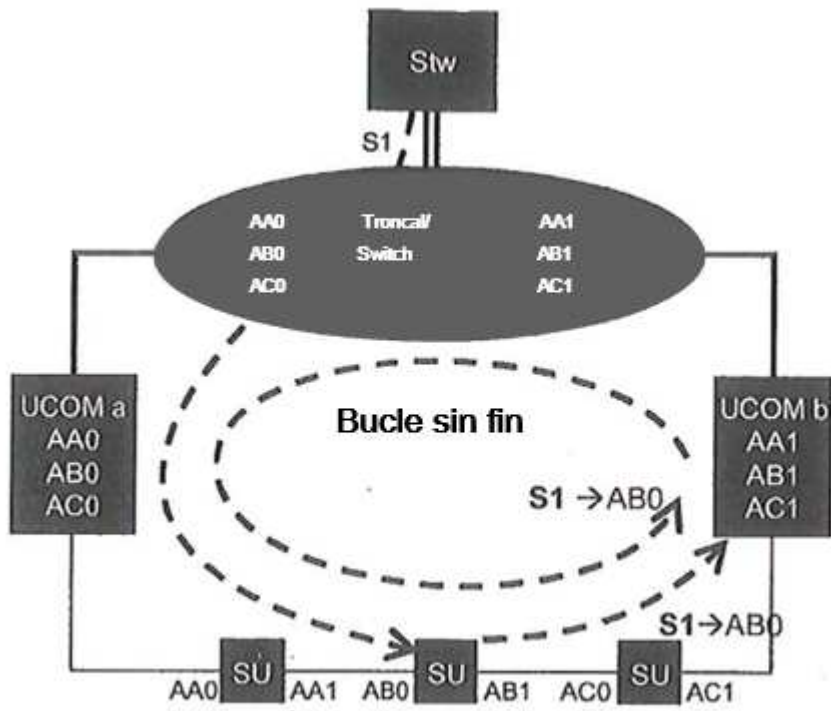


Fig. 11

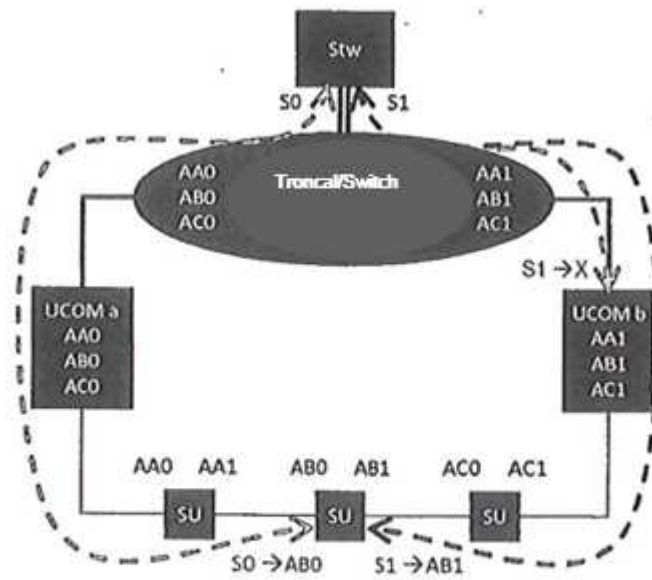


Fig. 12

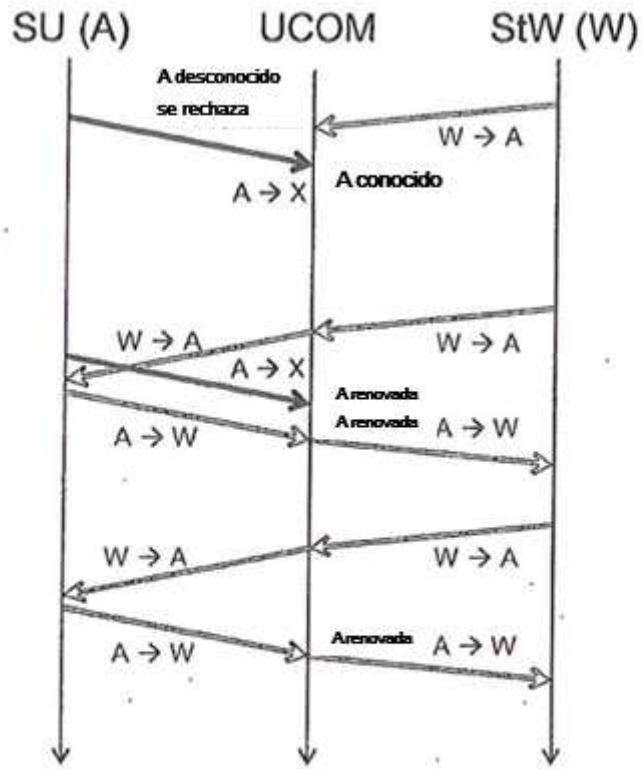


Fig. 13

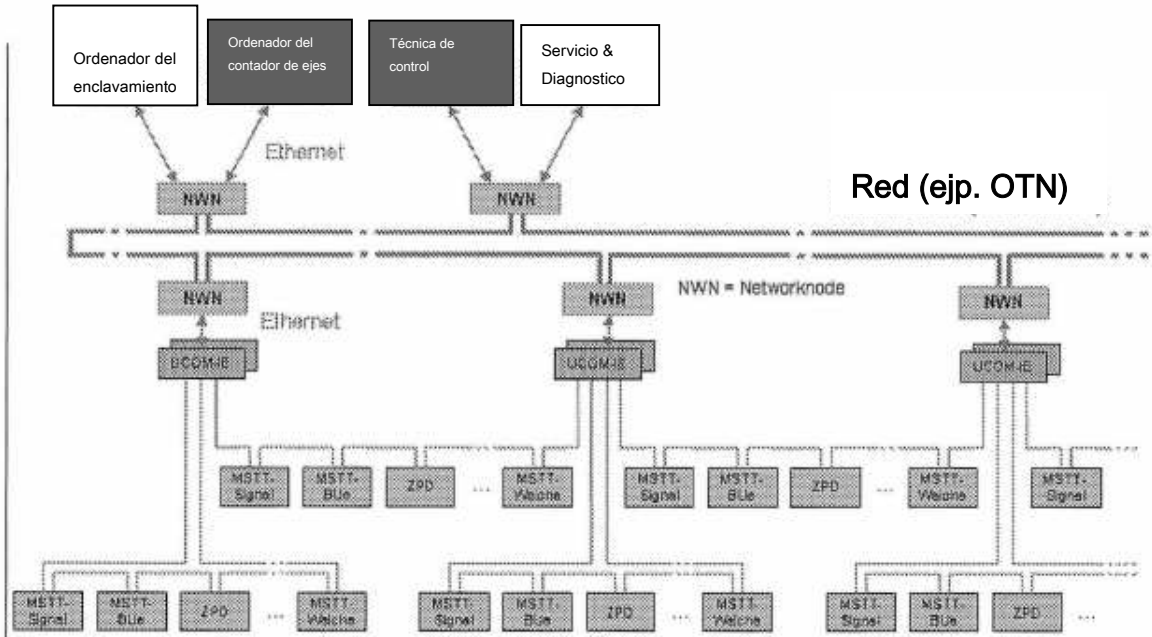


Fig. 14