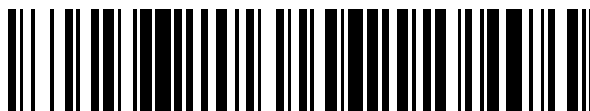


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 496**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2016** **E 16182504 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018** **EP 3131220**

54 Título: **Método y procedimientos para agregación de enlaces físicos entre una estación transmisora y una estación receptora**

30 Prioridad:

07.08.2015 IT UB20153014

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.06.2018

73 Titular/es:

SIAE MICROELETTRONICA S.P.A. (100.0%)
Via Buonarroti 21
20093 Cologno Monzese (MI), IT

72 Inventor/es:

MANGONE, ALESSIO y
GALLI, GIACOMO

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 673 496 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

Método y procedimientos para agregación de enlaces físicos entre una estación transmisora y una estación receptora

5 La presente invención se refiere a un método para determinar la capacidad de realineamiento mínima necesaria en una estación receptora para realinear un flujo digital transmitido distribuido en un conjunto de enlaces físicos seleccionados y un procedimiento para seleccionar un conjunto de enlaces físicos que se van a combinar en un único enlace lógico entre una estación transmisora y una estación receptora.

10 En el sector técnico de la transmisión digital es conocido el hecho de que la transmisión de un flujo de datos entre dos estaciones, es decir, una estación transmisora TX y una estación receptora RX, puede llevarse a cabo usando en paralelo cierto número de enlaces físicos entre las dos estaciones.

15 También se sabe que, en el mismo sector, para optimizar la capacidad de transmisión global, la gestión de una pluralidad de enlaces físicos puede realizarse agregando, es decir, combinando, los enlaces físicos en un único enlace lógico entre la estación transmisora y la estación receptora. Esto se puede lograr usando diferentes métodos y, en general, los procedimientos de este tipo se consideran del tipo que realiza la "agregación" o "concatenación" de los enlaces físicos en un enlace lógico único, caracterizado por una capacidad de transmisión agregada determinada.

Los procedimientos conocidos de este tipo que permiten combinar varios enlaces Ethernet típicamente se ven afectados por los siguientes problemas:

- 20 • la distribución de los paquetes en los diferentes enlaces físicos se realiza dependiendo de un valor obtenido, para cada paquete, a partir de unas operaciones de hash llevadas a cabo en unos campos determinados de la cabecera del paquete. Esto significa que la eficiencia de trabajo de la capacidad agregada global de los enlaces combinados es estadística y no determinista, ya que depende del valor de los campos que forman las cabeceras de los paquetes que se van a transmitir; en consecuencia, no es posible asegurar nunca el uso de la capacidad de transmisión total, incluso en el caso de que las condiciones operativas de los enlaces únicos sean óptimas;
- 25 • son funcionales casi exclusivamente para enlaces físicos que son homogéneos, en concreto, que tienen al menos la misma capacidad y la misma latencia de procesamiento;
- no son muy adaptables a las variaciones en el estado de los enlaces físicos individuales (por ejemplo, falta de disponibilidad y/o cualquier cambio en la capacidad de los enlaces individuales).

30 Las soluciones de este tipo no son aplicables a los enlaces físicos de tipo radio, como los enlaces físicos en los radioenlaces digitales, para los cuales la capacidad es un factor particularmente importante que es variable (debido a la naturaleza del enlace) dependiendo de las condiciones operativas cambiantes de los enlaces (considérese, por ejemplo, las denominadas técnicas de codificación y modulación adaptativas, ACM).

35 El sector de las comunicaciones de radio punto a punto se caracteriza además por una diversidad significativa entre los diferentes radioenlaces implementados (diferentes frecuencias, canales, modulaciones, latencias, etc.); en particular, las capacidades de los enlaces individuales pueden variar desde algunos Mb/s hasta varios Gb/s (banda E).

40 El problema técnico que se plantea, por lo tanto, es proporcionar un método y un sistema para agregación de enlaces físicos y sus componentes, que puedan remediar o al menos reducir parcialmente los inconvenientes y problemas de técnica anterior mencionados anteriormente.

En relación con este problema, un objetivo particular de la presente invención es encontrar una solución a los problemas asociados con la agregación de radioenlaces, permitiendo la agregación de enlaces que son heterogéneos, por ejemplo caracterizados por diferentes bandas y/o diferentes latencias y/o que usan técnicas de modulación adaptativa (ACM) o también diferentes interfaces físicas.

45 En relación con este problema, sería por consiguiente deseable proporcionar un sistema de transmisión de datos en el que:

- la capacidad de transmisión agregada se aumenta al máximo, usando de la mejor manera posible la capacidad de cada enlace;
- 50 - el sistema puede realizar la transmisión en enlaces combinados sin conocer el tipo de información transportada o el protocolo usado en la señal transportada;
- la latencia total introducida por la transmisión agregada durante el tránsito del flujo de información es menor que la de los sistemas conocidos;

- no hay irregularidad y/o pérdida de elementos de información que cruzan el sistema debido al uso de enlaces con una capacidad de transmisión que es diferente o también variable a lo largo del tiempo;
- el procedimiento y/o el sistema de transmisión requieren un intercambio mínimo de información tanto entre el transmisor y la fuente de la señal que se va a transmitir como entre el receptor y el transmisor.

5 En relación con este problema, también es preferible que este procedimiento sea simple de implementar para permitir una reducción en el número de circuitos y una consiguiente reducción en los costos correspondientes de producción del equipo para llevar a cabo este procedimiento.

10 En relación con los procesos para agregación de enlaces físicos, es además particularmente importante determinar la capacidad de realineamiento necesaria en una estación receptora para el realineamiento de un flujo de datos transmitido dividido en una pluralidad de enlaces combinados en un único enlace lógico. La publicación de patente número EP2416535 divulga un método conocido para la agregación de enlaces de Ethernet con ACM. Otro objetivo de la presente invención es por lo tanto proporcionar un método para determinar fácilmente dicha capacidad de realineamiento.

15 Estos resultados se obtienen de acuerdo con la presente invención por medio de un método para determinar la capacidad de realineamiento mínima necesaria en una estación receptora de acuerdo con la reivindicación 1, y un procedimiento para seleccionar un conjunto de enlaces físicos que se van a combinar en un enlace lógico de acuerdo con la reivindicación 4. Se describen otros modos de realización preferidos en las reivindicaciones dependientes que se citan en su totalidad en el presente documento.

20 Pueden obtenerse más detalles a partir de la siguiente descripción de ejemplos no limitantes del modo de realización del objeto de la presente invención, que se proporciona con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama de bloques sintético y simplificado de un ejemplo de estructura de sistema de transmisión/recepción que implementa las enseñanzas de la presente invención;

25 la figura 2 es una vista en mayor detalle del lado transmisor de un sistema de transmisión/recepción similar al sistema de la figura 1;

la figura 3 es una vista en mayor detalle de un gestor de capacidad agregada del lado transmisor de acuerdo con la figura 2;

la figura 4 es un diagrama de flujo de un ejemplo de cálculo de un conjunto combinado de enlaces disponibles;

30 la figura 5 es una vista detallada de una variante de modo de realización de un gestor de capacidad agregada;

la figura 6 es una vista en mayor detalle del lado receptor de un sistema de transmisión/recepción similar al sistema de la figura 1; y

35 la figura 7 es una vista esquemática simplificada de un ejemplo de modo de realización de estación de transmisión y/o recepción que implementa las enseñanzas de la presente invención.

DEFINICIONES

Para los fines de la presente descripción y de acuerdo con el significado usado en ella, se proporcionan las siguientes definiciones:

40 **GFP y trama GFP:** por procedimiento de entramado genérico se entiende un procedimiento de entramado genérico que permite la adaptación de un flujo genérico de datos originales, típicamente del tipo de transmisión asíncrona o no continua, dentro de una estructura de trama de transmisión predefinida, normalmente del tipo de transmisión continua, opcionalmente con la adición al flujo de tráfico original de datos de relleno no útiles;

Carga útil: carga de datos de información útil en un flujo digital, típicamente paquetes de Ethernet;

45 **Enlace físico:** enlace de nivel físico unidireccional o bidireccional entre dos terminales que se comunican de forma remota;

Enlace por cable: enlace físico donde los dos terminales están conectados por medio de cables o similares que forman líneas de transmisión en las cuales se transmite la información;

Radioenlace: enlace físico unidireccional o bidireccional entre dos terminales que se comunican de forma remota mediante la modulación e irradiación de ondas electromagnéticas en el espacio sin guía artificial;

Estado de un enlace: estado operativo de un enlace que determina la posibilidad de su uso para la transmisión de datos. Un enlace puede estar en estado "disponible" si puede transmitir información o en estado de "alarma" si no es posible transmitir ninguna información debido a problemas operativos (por ejemplo, módem desconectado, cable roto, antenas desalineadas, etc.);

- 5 **Configuración de un enlace:** conjunto de parámetros que caracterizan el funcionamiento del enlace único. Comprende al menos la capacidad de transmisión y la latencia característica del enlace. Cierta conjunto de valores de los parámetros operativos, que definen una configuración específica, puede identificarse y resumirse por medio de un identificador de configuración;

- 10 **Capacidad de radioenlace:** cantidad máxima de carga útil que puede transmitirse por unidad de tiempo en el radioenlace único. Para los enlaces que usan codificación y modulación adaptativa (ACM), la capacidad es variable y depende de la configuración del enlace, en particular del perfil de modulación del enlace durante el uso, que varía adaptativamente como respuesta a factores externos;

- 15 **Latencia característica de un enlace:** retardo de procesamiento global en el enlace del aparato local al aparato remoto, neto con respecto al retardo de transmisión (en el aire para un radioenlace) a la capacidad de transmisión. El retardo de procesamiento es interno en el aparato de modulación/transmisión y depende de la naturaleza del enlace y la configuración de dicho aparato;

Perfil de modulación de un radioenlace: perfil resumido de los parámetros de configuración relacionados con la modulación, adoptado por el aparato de (des)modulación de un enlace. La modulación en un radioenlace puede ser adaptativa (ACM) y, por lo tanto, la capacidad del enlace puede variar como respuesta a factores externos;

- 20 **Agregación o concatenación:** unión lógica de varios enlaces físicos existentes entre una estación transmisora local y una estación receptora remota, capaz de crear un único enlace lógico, cuya capacidad de transmisión se aumenta al máximo y tiende a ser igual a la suma de las capacidades de transmisión de los enlaces físicos individuales;

- 25 **Grupo de agregación:** grupo que comprende los enlaces físicos que se proporcionan entre una estación transmisora y una estación receptora correspondiente y que pueden combinarse selectivamente en un único enlace lógico entre las dos estaciones por medio de un proceso de agregación;

Contenedor: paquete de datos que comprende datos que se van a transmitir y una tara de contenedor que comprende información para la gestión del proceso de agregación/desagregación;

- 30 **Gestor de capacidad agregada:** unidad que tiene la función de determinar qué enlaces pertenecientes al grupo de agregación (dado su estado y/o configuración) pueden combinarse para transmitir tráfico, así como también qué combinación de dichos enlaces aumenta al máximo la capacidad agregada del enlace lógico, de una manera compatible con la capacidad de realineamiento del receptor;

- 35 **Capacidad de realineamiento del receptor:** capacidad máxima de la estación receptora para almacenar datos recibidos de manera desordenada en los diferentes enlaces combinados a fin de realinear dichos datos secuencialmente. En general, corresponde a las dimensiones de una memoria de realineamiento de la estación RX o a una cantidad de memoria asignada en la estación RX para el realineamiento;

- 40 **Conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento en el lado receptor:** conjunto o subconjunto de enlaces físicos, seleccionados entre los que pertenecen al grupo de agregación y en un estado disponible, que, si se combinan en un único enlace lógico, determinan una capacidad agregada del enlace lógico que es la máxima posible, compatible con la capacidad de realineamiento máxima de la estación receptora. Cada combinación de enlaces requiere, para realineamiento del flujo de contenedores en la estación receptora, una capacidad de realineamiento mínima;

- 45 **Configuración futura o preanunciada de un enlace:** configuración futura que el aparato de modulación/transmisión de un enlace adoptará en un tiempo (corto) T para la transmisión de datos en el enlace. El aparato de modulación/transmisión de un enlace preanuncia a la estación transmisora un cambio en la configuración del enlace, con una antelación de cierta cantidad de tiempo T antes de que se produzca el cambio.

Además, las abreviaturas TX y RX que aparecen a continuación se usarán respectivamente con referencia a la transmisión y la recepción y a los correspondientes lados transmisor y receptor de un sistema de transmisión/recepción o un enlace.

- 50 **ESTRUCTURA GENERAL**

Con referencia a la figura 1, se muestra en forma esquemática la estructura general de un sistema de transmisión/recepción insertado en una red de telecomunicaciones, que comprende:

- al menos una estación STX para transmitir al menos un flujo de carga útil digital F_{TX} procedente de la red de telecomunicaciones y al menos una estación receptora SRX para recibir el dicho al menos un flujo F_{TX} y reenviarlo corriente abajo por la red de telecomunicaciones;
- La estación STX comprende:
 - 5 • un aparato $mTX_1, \dots, mTX_N$ en el lado TX para N enlaces físicos $L_1, \dots, L_N$ que se van a combinar en un único enlace lógico entre la estación TX y la estación RX, siendo el aparato $mTX_1, \dots, mTX_N$ adecuado para la modulación (conversión) y la transmisión a alta frecuencia de señales en el enlace respectivo y estando adecuadamente conectado a unas antenas de transmisión asociadas (para radioenlaces) o unos cables (para enlaces por cable) $aTX_1, \dots, aTX_N$ del enlace respectivo $L_1, \dots, L_N$;
 - 10 • un aparato GTX para gestionar la agregación en transmisión, para distribuir el flujo F_{TX} a través de una pluralidad N_a de dichos enlaces físicos N combinados en un único enlace lógico entre la estación STX y la estación SRX;
 - 15 • los componentes adicionales para la interconexión corriente arriba con la red de telecomunicaciones, que son convencionales de por sí y no se muestran en detalle, se representan esquemáticamente por medio del bloque INTERFAZ DE ENLACE ASCENDENTE DE RED;
- En consecuencia, la estación SRX comprende:
 - unas antenas de recepción (o extremos de cable) aRX conectadas al aparato asociado mRX para la recepción en el lado RX (y la conversión) y la desmodulación de cada enlace;
 - 20 • un aparato GRX para gestionar la desagregación en la recepción, que tiene la tarea de recibir los flujos transmitidos en los enlaces agregados y recomponer el flujo original F_{TX} para el reenvío corriente abajo por la red de telecomunicaciones;
 - los componentes adicionales para la interconexión corriente abajo con la red de telecomunicaciones, que son convencionales de por sí y no se muestran en detalle, se representan esquemáticamente por medio del bloque INTERFAZ DE ENLACE DESCENDENTE DE RED.
- 25 Aunque en la figura 1, los aparatos mTX y mRX de un radioenlace, que están conectados a las respectivas antenas del enlace, se muestran esquemáticamente como unidades independientes que comprenden moduladores (o desmoduladores), convertidores en (desde) alta frecuencia y transmisores (receptores) de alta frecuencia, en concreto las denominadas unidades exteriores completas, se entiende que los componentes del dicho aparato también se pueden dividir entre una unidad interior (IDU) y una unidad exterior (ODU) menos compleja, que es,
 - 30 por ejemplo, responsable únicamente de la conversión (y la subsiguiente transmisión) de una frecuencia intermedia a una frecuencia alta de señales ya moduladas dentro de la IDU, tal como se verá con mayor claridad a continuación.
- Con esta estructura general, se estructura un procedimiento para la transmisión del flujo F_{TX} de datos originales en una pluralidad N_a de radioenlaces combinados de acuerdo con las etapas generales ilustradas a continuación.
- 35 - En el lado TX, el gestor GTX es responsable de:
 - empaquetar el flujo digital F_{TX} que se se va a transmitir en una trama de tipo GFP;
 - dividir la trama GFP en contenedores de tamaño fijo, con la adición de una tara de contenedor que comprende un número de secuencia y datos para proteger el dicho número de secuencia (por ejemplo, códigos CRC);
 - 40 • transmitir el flujo de contenedores, distribuirlos en los N enlaces del grupo de agregación, o en un subconjunto N_a de éstos, dependiendo de la configuración de los enlaces individuales y de una manera compatible con la capacidad de realineamiento en el lado receptor, que es dependiente en particular de la capacidad y el estado de una memoria de realineamiento del lado RX del gestor GRX.
- 45 - En el lado de recepción, el gestor GRX es, en cambio, responsable de:
 - recibir los contenedores transmitidos en los enlaces combinados;
 - verificar que los contenedores recibidos no estén alterados;
 - reordenarlos en una memoria de realineamiento dependiendo del número de secuencia;
 - eliminar la tara de concatenación;

- desentramar el flujo de tipo GFP así obtenido y reconstruir el flujo original F_{tx} .

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL LADO TX

Con referencia a la figura 2, se muestra el lado TX de un sistema de transmisión/recepción similar al sistema mostrado en la figura 1, pero que comprende solo enlaces de tipo radio $L_1, \dots, L_n$ y en el que los flujos de datos procedentes de la red de telecomunicaciones corriente arriba se gestionan mediante interfaces de control de flujo adecuadas (de por sí convencionales) que proporcionan en esta salida al menos un flujo digital F_{tx} que se va a transmitir a la estación receptora SRX.

El al menos un flujo F_{tx} que se va a transmitir se introduce en un bloque 200 para convertir el flujo que se va a transmitir. El bloque de conversión 200, si las funciones de agregación de enlaces están habilitadas, realiza las operaciones siguientes:

- empaquetar el flujo digital F_{tx} que se va a transmitir en una trama de tipo GFP, preferentemente del tipo continuo, por medio de un bloque de empaquetamiento GFP 210;
- dividir la trama GFP en contenedores de tamaño fijo, añadir una tara de contenedor que comprende un número de secuencia y datos para proteger el dicho número de secuencia (por ejemplo, un código CRC).

En mayor detalle, el bloque GFP 210 convierte el flujo F_{tx} en un flujo continuo, con una trama de, por ejemplo, 32 bits. Dado que el flujo del bloque GFP 210 se considera un flujo de datos continuo, tanto el contenido como la estructura de dicho flujo no importan.

A continuación, el flujo GFP se divide por medio de un bloque divisor 220, con la adición de una tara de agregación, en paquetes de longitud predefinida (por ejemplo, 256/512/1024 bytes, lo cual se pueden configurar), que en lo sucesivo se denominan "contenedores". El bloque 220 añade una tara que comprende un número de secuencia, que determina la numeración progresiva de los contenedores que permite a la estación receptora SRX reconstruir el flujo, que se ha transmitido dividido en los diferentes enlaces combinados.

Preferentemente, los contenedores están provistos de una estructura similar a la de los paquetes Ethernet y una separación adecuada en función de la capacidad de los radioenlaces. De esta forma, los contenedores pueden cruzar sin problemas los componentes Ethernet estándar (por ejemplo, un conmutador L2), lo cual es importante, por ejemplo, en el caso de unidades de transmisión exteriores completas con las que se realiza la conexión a través de puertos Ethernet.

Dado que la información de numeración secuencial del contenedor es información importante, ésta se protege preferentemente con la adición adicional de una CRC, para impedir que la recepción incorrecta de un número de secuencia no solo cause la pérdida del contenedor afectado por dicho error, sino también la pérdida de otro contenedor que tiene el número de secuencia incorrecto. Los contenedores recibidos con un número de secuencia alterado son pues sencillamente descartados, sin influir en otros contenedores recibidos. Por lo tanto, la información de número de secuencia y la CRC asociada constituyen la tara generada por el agregador y añadida a la trama GFP en cada contenedor.

Preferentemente, para evitar que un contenedor se identifique erróneamente como un paquete de control de flujo, la tara está adaptada para no reproducir nunca el Ethertype de un paquete de control de flujo (HEX"8808").

El flujo de contenedores así formado se distribuye, para la transmisión, en una pluralidad N_a de enlaces del grupo de agregación, seleccionados dependiendo de la configuración de los enlaces y la capacidad de realineamiento en el lado RX y combinados en un único enlace lógico entre la estación STX y la estación SRX.

En particular, un bloque de distribución LB reenvía los contenedores en los enlaces de acuerdo con un conjunto de enlaces, seleccionados de entre los disponibles, que determina la capacidad agregada máxima compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX.

Como resultará más claro a continuación, un gestor de capacidad agregada 300 procesa este conjunto sobre la base de:

- el estado presente y/o futuro (disponible/en alarma) de cada radioenlace;
- la configuración de cada enlace disponible;
- la capacidad de realineamiento de la estación SRX del lado receptor, en particular de la memoria o memoria intermedia de realineamiento de la estación SRX.

Como se muestra en la figura 2 y como resultará más claro a continuación, un ejemplo de bloque de distribución LB puede comprender:

- un elemento de equilibrio de carga para distribuir cíclicamente los contenedores a los enlaces y

- uno o más elementos adaptadores, llamados "conformadores" y provistos de memorias de almacenamiento e interfaces adecuadas para conexión al aparato mTX de los enlaces físicos, capaces de adaptar en particular la velocidad de transmisión de los contenedores facilitados por la unidad de conversión 200 a la capacidad de transmisión configurada en el i-ésimo enlace para el cual está destinado el flujo de contenedores. Con esta estructura, el flujo de contenedores facilitado por el bloque de distribución LB al aparato mTX de un enlace siempre se adaptará a la capacidad de transmisión (preanunciada y ahora actual) de dicho enlace. En caso de un desalineamiento excesivo entre la velocidad de transmisión de los contenedores introducidos en el conformador y la capacidad del enlace, que corresponde a la velocidad de transmisión en la salida del conformador, la memoria del elemento adaptador se llenará y éste último podrá solicitar la suspensión temporal del reenvío de contenedores al enlace asociado, evitándose la pérdida de estos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL GESTOR DE CAPACIDAD AGREGADA

La figura 3 muestra una vista esquemática, en mayor detalle, de un ejemplo de gestor de capacidad agregada 300.

El gestor de capacidad agregada 300 mostrado a modo de ejemplo comprende una unidad 310 para procesar un conjunto de enlaces disponibles que aumenta al máximo la capacidad agregada de una manera compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX.

El gestor de capacidad agregada 300 comprende entradas de señal 301_j para recibir señales de estado y/o de configuración de enlace desde el aparato de lado TX mTX de cada enlace L_i.

Preferentemente, el gestor 300 también tiene acceso a una memoria 320 que comprende información relacionada con unos parámetros de configuración operativa de cada enlace.

En particular, la memoria 320 también puede comprender información que permite obtener los valores de algunos parámetros de configuración adecuados (preferentemente de capacidad y latencia) actualmente o a punto de ser adoptados por un enlace, a partir de un identificador de configuración recibido desde el aparato mTX de dicho enlace.

De acuerdo con un procedimiento preferido para procesar el conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento del SRX, el gestor 300 usa solo la información de configuración relacionada con la latencia de procesamiento y capacidad futura en el enlace.

El gestor 300 comprende además unas salidas de señales 302_i para controlar la distribución de los contenedores en los N_a enlaces L_i del grupo de agregación, de acuerdo con el conjunto procesado de enlaces que determina la capacidad agregada máxima compatible con la memoria de realineamiento en el lado RX. Las salidas de señal 302_i pueden conectarse, por ejemplo, al bloque LB para distribuir los contenedores al aparato de radio mTX de los enlaces L del conjunto procesado.

Preferentemente, el gestor 300 comprende además unas salidas de señal 304_i para enviar instrucciones relativas a la capacidad de transmisión que se usarán en un enlace determinado del conjunto procesado, a los respectivos elementos adaptadores (conformadores) del bloque de distribución LB_i que adaptan la velocidad de transmisión de los contenedores al aparato de modulación mTX/aparato de transmisión mTX de uno o más enlaces del conjunto procesado.

Como se ha mencionado, el bloque gestor de capacidad agregada 300 está adaptado para procesar un conjunto de enlaces disponibles que, si se combinan, determinan la capacidad agregada máxima del enlace lógico, compatible con la capacidad de realineamiento en el lado receptor RX.

En general, un método para procesar dicho conjunto comprende las etapas de:

- determinar los enlaces en un estado disponible del grupo de agregación;
- determinar los valores de capacidad de transmisión y latencia de procesamiento preanunciados para cada enlace disponible;
- calcular la capacidad agregada de cada posible combinación de dichos enlaces disponibles;
- calcular la capacidad de realineamiento mínima necesaria en el receptor SRX para cada posible combinación de enlaces disponibles;
- seleccionar la combinación de enlaces disponibles con una capacidad de realineamiento mínima necesaria compatible con la capacidad de realineamiento del receptor SRX, que tiene una capacidad agregada máxima;

De acuerdo con unos modos de realización preferidos, la etapa de determinar los enlaces disponibles puede comprender verificar cualquier cambio de estado de cada enlace del grupo de agregación y/o construir una lista de enlaces disponibles.

5 La etapa de determinar la capacidad de transmisión y la latencia del enlace puede comprender la recepción o consulta de un identificador de configuración preanunciado de un dispositivo de modulación/transmisión mTX de un enlace y la recuperación de unos valores correspondientes de capacidad y latencia asociados con la configuración identificada.

10 La etapa de calcular la capacidad agregada y/o calcular la capacidad de realineamiento mínima necesaria en la estación receptora RX, para cada combinación posible de dichos enlaces disponibles, puede comprender las etapas de:

- definir todas las combinaciones posibles de enlaces disponibles;
- calcular la capacidad agregada y/o la capacidad de realineamiento mínima necesaria para cada combinación identificada.

15 La selección del conjunto de enlaces con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación RX, puede comprender:

- evaluar la compatibilidad de cada capacidad de realineamiento mínima calculada necesaria en el RX con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX; y
- comparar todas las capacidades agregadas asociadas con combinaciones de enlaces que tienen una capacidad de realineamiento mínima necesaria en el receptor RX compatible con la capacidad de realineamiento del receptor RX.

Esta opción es muy rápida desde el punto de vista computacional.

Otra posibilidad puede comprender las subetapas de:

- ordenar jerárquicamente las posibles combinaciones de enlaces por orden decreciente de capacidad agregada; y
- 25 - evaluar progresivamente, en este orden, la compatibilidad de las capacidades de realineamiento mínimas calculadas respectivas que se necesitan en el SRX con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX hasta que se identifica una combinación compatible con dicha capacidad de realineamiento del SRX.

30 Con mayor detalle y con referencia a la figura 4, que muestra un diagrama de flujo de un ejemplo preferido de modo de realización, la unidad de procesamiento 310 puede implementar el método general descrito anteriormente, por ejemplo de la manera siguiente:

- al comienzo del ciclo AM-START, el gestor 300 se inicializa con un conjunto de enlaces disponibles que tienen una capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento en el receptor, y con la información de configuración respectiva de cada enlace que comprende al menos la capacidad de procesamiento y latencia futuras obtenidas de la memoria 320 del gestor;

este conjunto óptimo inicial puede ser, por ejemplo, un conjunto predeterminado o el último conjunto de enlaces disponibles usados.

- AM-10:

- 40 • el gestor 300 verifica si ha recibido señales AM-10N relacionadas con un cambio en el estado del enlace de al menos uno de los enlaces pertenecientes al conjunto con capacidad agregada máxima:
 - Sí: AM10Y) cada enlace, cuyo estado se ha señalado como estado en alarma, se elimina de la lista de enlaces disponibles (AM-10Y1) y el gestor 300 pasa a la etapa AM12 para procesar un nuevo conjunto de enlaces disponibles con la capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento en la estación RX;
 - 45 • NO: AM10N) el gestor 300 verifica AM10N1) si ha recibido señales AM-10N relacionadas con un cambio en la configuración de al menos uno de los enlaces pertenecientes al conjunto con capacidad agregada máxima, y/o si ha recibido señales AM-10N1) relacionadas con un cambio de estado (de "en alarma" a "disponible" o viceversa) de al menos uno de los enlaces del grupo de agregación;

- NO: AM-FINISH) el último conjunto calculado se selecciona como un conjunto de enlaces disponibles que aumenta al máximo la capacidad agregada, de una manera compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX.
- 5
- Sí: el gestor 300 pasa a la etapa AM12 para procesar un nuevo conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX.
- AM12) Procesamiento del conjunto de enlaces disponibles con una capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento del receptor SRX:
- 10
- AM121) el gestor 300 genera una lista actualizada de enlaces disponibles e identifica todas las combinaciones posibles de dichos enlaces disponibles que se enumeran en una lista correspondiente;
- se inicializan una primera y una segunda variables, refiriéndose dichas variables respectivamente a:
- AM-12a) una nueva combinación de enlaces disponibles seleccionados;
- 15
- AM-12b) la capacidad agregada de la nueva combinación de enlaces disponibles seleccionados; AM-122) se inicializa una tercera variable AM12c relacionada con una combinación candidata actual de enlaces disponibles;
- AM-123) para la combinación candidata actual AM12c de enlaces disponibles, se calcula lo siguiente:
- TOT_CAP: la capacidad agregada de la combinación candidata actual de enlaces disponibles;
- 20
- REQBUFF: la capacidad de realineamiento mínima necesaria en el lado RX para reordenar los contenedores transmitidos en el conjunto de enlaces definidos por la combinación candidata actual de enlaces disponibles;
- 25
- AM-124) se comprueba que la capacidad de realineamiento mínima REQ_BUFF necesaria es compatible con la capacidad de realineamiento de la estación de reconstrucción receptora GRX; en general, esta capacidad de la estación GRX se fija para una configuración dada de la estación receptora, ya que depende de las dimensiones de una memoria intermedia de realineamiento de la estación GRX (es decir, la cantidad de memoria asignada para realizar la alineación). Se entiende que esta capacidad es conocida por el gestor 300 y, si es necesario y se desea, puede configurarse.
- si la capacidad mínima calculada REQ_BUFF no es compatible con la capacidad de realineamiento de la estación GRX para la reconstrucción en la recepción:
- 30
- la nueva combinación actual AM-12a de enlaces disponibles seleccionados y la capacidad agregada respectiva AM-12b se mantienen invariables.
 - si la capacidad mínima calculada REQ_BUFF es compatible con la capacidad de realineamiento de la estación de reconstrucción receptora GRX:
- 35
- AM-125) la capacidad agregada TOT_CAP de la combinación candidata actual de enlaces se compara con la capacidad agregada AM12b de la nueva combinación de enlaces disponibles seleccionados, y:
- AM125N) si la capacidad agregada TOT_CAP de la combinación candidata actual de enlaces es menor que la capacidad agregada AM12b de la nueva combinación de enlaces disponibles seleccionados:
- 40
- la nueva combinación actual AM-12a de enlaces disponibles seleccionados y la capacidad agregada respectiva AM-12b se mantienen invariables.
- o
- AM125Y) si la primera capacidad TOT_CAP es mayor que la segunda capacidad AM12b:
- 45
- la combinación candidata actual AM12c se establece como nueva combinación AM-12a de enlaces disponibles seleccionados y la capacidad TOT_CAP respectiva se establece como nueva capacidad agregada AM-12b de la nueva combinación de enlaces disponibles seleccionados;
- AM126) el contador de ciclos (i) se incrementa y las operaciones de cálculo (AM122-AM125) para todas las posibles combinaciones de enlaces disponibles se repiten de forma iterativa;

AM127) se genera la nueva combinación de enlaces disponibles seleccionados contenidos en la variable AM12a como conjunto de enlaces disponibles, con capacidad agregada máxima compatible con la capacidad de realineamiento en la estación RX seleccionada.

5 Sobre la base de este conjunto procesado, el gestor de capacidad agregada 300 permite el reenvío de los contenedores en los enlaces de dicho conjunto en el bloque de distribución LB.

Preferentemente y si esto es posible y/o necesario, el gestor de capacidad agregada señala además la capacidad de transmisión TX_i usada en el enlace a los respectivos elementos adaptadores, CONFORMADOR, que realizan la adaptación del flujo al aparato de modulación/transmisión mTX_i de cada enlace del conjunto procesado.

10 De acuerdo con un aspecto preferido y ventajoso de la presente invención, dicho conjunto de enlaces disponibles que aumenta al máximo la capacidad de realineamiento agregada y que requiere una capacidad de realineamiento mínima compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX es procesado por el gestor 300 sobre la base de información relativa a la configuración futura de los enlaces.

Preferentemente, dicha información de configuración futura comprende y preferentemente consiste en los siguientes parámetros de configuración:

- 15
- la capacidad de transmisión del enlace físico;
 - la latencia característica del enlace:

Preferentemente, el gestor 300 obtiene al menos una parte de esta información de configuración a partir de información para identificación de la configuración futura (configuración de ID) indicada por el aparato mTX de los enlaces L_i del grupo de agregación.

20 En particular, para cada combinación candidata de enlaces disponibles, la capacidad agregada y la capacidad de realineamiento mínima necesaria en la estación RX pueden calcularse sobre la base de esta información de configuración.

Para radioenlaces, el identificador de configuración puede consistir en un identificador del perfil de modulación adoptado por el aparato de enlace mTX .

25 Aunque la implementación de un algoritmo para selección del conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima puede ser relativamente compleja y el procesamiento requiere numerosos impulsos de reloj, el procedimiento descrito usa ventajosamente la notificación avanzada (unos milisegundos de antemano) con la que se comunica un cambio de configuración, en particular una variación del perfil de modulación, al gestor de capacidad agregada 300 mediante un aparato de modulación/transmisión mTX de un enlace del grupo de agregación, asegurando así que el procedimiento para procesar el nuevo conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima se termina antes de que el cambio del perfil de modulación tenga lugar en el enlace.

30 De acuerdo con un modo de realización preferido, el gestor 300 realiza el procesamiento sobre la base de un identificador de configuración (por ejemplo, un ID de perfil de modulación) recibido y de información contenida en la memoria 320 del gestor 300; en particular, el gestor 300 recupera de los registros adecuados de la memoria 320 los valores de los parámetros de configuración operativos de cada enlace disponible dependiendo de la configuración adoptada por dicho enlace.

Por ejemplo, se puede guardar en la memoria 320 una tabla o matriz e indicar, para un enlace, varios enlaces o cada enlace, los valores de los parámetros operativos para identificadores de configuración diversos.

40 Preferentemente, el gestor 300 realiza el recálculo del conjunto de enlaces disponibles con la capacidad agregada máxima del enlace lógico, compatible con la capacidad de realineamiento en la estación RX, solo si recibe al menos una señal de un cambio de estado y/o configuración desde al menos un enlace. De esta forma es posible evitar tener que recalcular continuamente el conjunto óptimo también en caso de que no haya ninguna variación en los parámetros de estado o de configuración operativa de los enlaces.

45 De acuerdo con un aspecto preferido, la información de configuración futura de un enlace disponible se establece de tal forma que es igual a la información de configuración actual para los enlaces donde los aparatos de modulación/transmisión mTX no han preanunciado cambios de configuración, mientras que se reprocesa para los enlaces donde el aparato mTX ha anunciado un cambio de configuración.

50 También está claro cómo, con el procedimiento descrito, es posible procesar el conjunto óptimo de enlaces combinados para la distribución del flujo de contenedores que se va a transmitir de manera determinista y no sobre la base de criterios determinados aleatoriamente que no garantizan el aumento al máximo efectivo de la capacidad de transmisión agregada.

EJEMPLO DETALLADO DE GESTOR DE CAPACIDAD AGREGADA

La figura 5 muestra un diagrama de bloques más detallado de un ejemplo de modo de realización de una variante de la estructura funcional del gestor 300 para un i-ésimo radioenlace físico del grupo de agregación. El diagrama es útil para comprender el funcionamiento del gestor 300, en particular con respecto a los radioenlaces del grupo de agregación, para los cuales la lógica operativa del gestor 300 será la misma. Para enlaces por cable, que son menos susceptibles de cambios adaptativos de configuración, la estructura lógica puede simplificarse.

El gestor de capacidad agregada 300 puede decidir no usar el i-ésimo enlace, indicado en la figura 5 mediante la señal STOP Txi, en caso de que:

- haya señales (por ejemplo, señales de advertencia temprana o pérdida aérea) relacionadas con un cambio de estado de solo el i-ésimo enlace considerado;
- el enlace no pertenezca al conjunto de enlaces con capacidad agregada máxima compatible con la capacidad de realineamiento; de manera específica dependiendo de las características de configuración, en particular las características de capacidad y latencia, de todos los enlaces disponibles (incluido el enlace considerado) del grupo de agregación.

En mayor detalle, una señal de pérdida aérea del módem del aparato de modulación/transmisión mTXi del enlace es una señal instantánea que indica un marcado deterioro en el rendimiento del canal de radio del enlace.

En cambio, las señales de advertencia temprana y de perfil del módem son transmitidas por el módem unos milisegundos antes del evento.

La señal de advertencia temprana indica un deterioro inminente en el rendimiento del radioenlace, que determinará un cambio en el estado del enlace de "disponible" a "en alarma".

La señal de perfil de módem indica un cambio en el perfil de modulación y, por lo tanto, la configuración del enlace, que en general corresponde a una variación en la capacidad de transmisión y/o la latencia de procesamiento del radioenlace.

Preferentemente, las señales de advertencia temprana y pérdida aérea se emiten inmediatamente en caso de deterioro en el rendimiento (transición de '0' a '1'), es decir, el gestor 300 registrará de inmediato un cambio de estado de "disponible" a "en alarma" para el i-ésimo enlace, mientras que dichas señales se emiten preferentemente con un retardo de algunos milisegundos si hay signos de mejora (transición de '1' a '0'); de esta manera se asegura que el enlace está habilitado para la transmisión de contenedores solo cuando está realmente en el estado disponible y, durante éste, en una condición para transmitir sin errores.

La información relacionada con el perfil de modulación se usa en su lugar leyendo la RAM 320 en la que se escriben los parámetros de configuración operativos, en particular la capacidad y latencia, siendo dichos parámetros característicos de cada enlace del grupo de agregación y en algunos casos variando dependiendo del perfil de modulación adoptado por el aparato de modulación/transmisión de enlace mTX.

Debido a la recepción, por adelantado, del cambio en la señal de configuración, el gestor 300 puede obtener información actualizada relacionada con la configuración del enlace y recalcular el conjunto de enlaces disponibles que aumenta al máximo la capacidad agregada, antes de que el enlace haya cambiado a la nueva configuración, asegurando de manera determinista un flujo óptimo de contenedores distribuidos solo en enlaces disponibles. Siempre que el gestor recibe una señal relacionada con un cambio de estado y/o configuración de al menos un enlace del grupo de agregación, el gestor 300 procede por lo tanto a reprocesar el conjunto de combinaciones de enlaces disponibles que aumenta al máximo la capacidad agregada de una manera compatible con la capacidad de realineamiento de la estación de recepción SRX.

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD MÍNIMA NECESARIA EN LA ESTACIÓN RX

Un aspecto particularmente innovador de la presente invención se refiere a un método para calcular la capacidad de realineamiento mínima REQ_BUFF, Δ_{req} necesaria en el receptor para una combinación dada de enlaces disponibles pertenecientes a un grupo de agregación y caracterizada por unas respectivas configuraciones de enlace.

Los parámetros de configuración operativos del i-ésimo enlace se definen de la siguiente manera:

C_i = capacidad de transmisión de radio del enlace, por ejemplo, expresada en bit/s;

r_i = latencia de procesamiento característica del i-ésimo enlace (que depende de la naturaleza del enlace y la canalización, pero no de la capacidad de transmisión), expresada en segundos;

y también como:

$cntr_{size}$ = tamaño de un contenedor (que se fija para una configuración dada del sistema de agregación), por ejemplo, expresado en bits.

Para cada enlace disponible, se calcula el tiempo T_i para una transmisión de un contenedor desde el concatenador local al desconcatenador remoto en el i -ésimo enlace:

$$T_i = [(K * cntr_{size}) / C_i] + r_i$$

en el que K es un factor introducido para tener en cuenta la adaptación realizada por el elemento adaptador, CONFORMADOR, del bloque de distribución. K se establece preferentemente en 2, ya que el contenedor se ve afectado dos veces por la latencia de transmisión a la capacidad C_i , una vez debido al elemento CONFORMADOR y otra vez debido al módem. En el caso del elemento adaptador integrado en el aparato de modulación, K podría reducirse a 1.

Se calcula lo siguiente:

T_M : el tiempo de transmisión en el enlace disponible con un tiempo de transmisión máximo de la combinación candidata de enlaces disponibles:

$$T_M = \max_i \{T_i\} = [(2 * cntr_{size}) / C_M] + r_M$$

T_m : el tiempo de transmisión en el enlace disponible con un tiempo de transmisión mínimo de la combinación candidata de enlaces:

$$T_m = \min_i \{T_i\} = [(2 * cntr_{size}) / C_m] + r_m$$

donde C_m , C_M y r_m , r_M son las respectivas capacidades de transmisión y latencias de procesamiento asociadas con dichos enlaces con un tiempo de transmisión mínimo y máximo.

Para una combinación de enlaces candidatos, la capacidad de almacenamiento mínima Δ_{req} (expresada en número de contenedores) necesaria para el realineamiento en la estación de recepción GRX se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta_{req} = N_a + \frac{(T_M - T_m)}{cntr_{size}} \cdot \sum_i C_i$$

$$\Delta_{req} = N_a + \left(2 \cdot \frac{C_m - C_M}{C_M \cdot C_m} + \frac{r_M - r_m}{cntr_{size}} \right) \cdot \sum_i C_i$$

donde N_a es el número de enlaces combinados de la combinación candidata de enlaces.

De esta forma, ventajosamente, se tiene en cuenta que, a fin de realizar el realineamiento de los contenedores, el gestor de la agregación GRX de la estación remota SRX debe tener la capacidad de almacenar:

- la cantidad de contenedores transmitidos por cada uno de los enlaces combinados entre la recepción de un contenedor en el m -ésimo enlace con el tiempo de transmisión más corto y la recepción del contenedor en el M -ésimo enlace con el tiempo de transmisión más largo (por lo tanto, en el intervalo de tiempo $T_M - T_m$);
- una "base" de N_a contenedores, donde N_a es el número de enlaces combinados, ya que, también en el caso de unos enlaces completamente uniformes, podría requerirse almacenar al menos un contenedor por enlace antes de poder realinear los contenedores.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL LADO RX

Con referencia a la figura 6, se muestra el lado RX de un sistema de transmisión/recepción similar al sistema mostrado en la figura 1, que comprende una estación receptora SRX con:

- unas antenas receptoras aRX de los enlaces de grupo de agregación conectadas al aparato de recepción/desmodulación de lado RX asociado mRx de cada enlace;
- un aparato GRX para gestionar la agregación en la recepción, que tiene la tarea de recibir los contenedores transmitidos en los radioenlaces combinados y recomponer el flujo original F_{TX} para reenviarlo corriente abajo a la red de telecomunicaciones;

- los componentes adicionales de INTERFAZ DE ENLACE DESCENDENTE DE RED para interconectarse corriente abajo con la red de telecomunicaciones.

Los flujos de contenedores transmitidos en el conjunto procesado de N_a enlaces combinados se reciben en el lado de recepción y se reenvían al aparato GRX para gestionar la agregación en la recepción.

5 El aparato GRX comprende:

- un bloque 1220 para desentramar los contenedores de los radioenlaces combinados, que extrae y controla el número de secuencia de cada contenedor no alterado y escribe los datos de carga útil de los contenedores (sin cabecera) en:
- una memoria o memoria intermedia de realineamiento 1230 en la que se almacenan los datos de carga útil de los contenedores para el realineamiento del flujo de datos;
- un bloque 1240 para la reconstrucción del flujo inicial GFP, que lee los datos de los contenedores realineados y emite un flujo inicial reconstruido GFP hacia
- un bloque de procesamiento de recepción GFP, que extrae del flujo reconstruido GFP el flujo digital Ethernet original F_{tx} .

15 El bloque de desentramado 1220 escribe los contenedores recibidos en la memoria intermedia de realineamiento después de verificar la corrección de la tara de agregación del contenedor. Esta operación de verificación se realiza recalculando el HEC (control de errores de cabecera) de la tara recibida y comparándolo con el extraído de la propia tara.

20 Además de verificar que la tara de agregación sea correcta, el desentramador verifica que el número de secuencia extraído de la tara esté dentro del intervalo de valores aceptables, es decir, los que se dirigen a la memoria intermedia de realineamiento.

25 En el ejemplo preferido de modo de realización mostrado, la memoria intermedia de realineamiento 1230 se usa para almacenar y realinear los contenedores recibidos y se direcciona, a través de escritura, mediante el número de secuencia extraído de la tara de agregación. Cada número de secuencia dirige hacia una posición (ranura) de la memoria intermedia con las mismas dimensiones que el contenedor. Dado que los contenedores recibidos pueden proceder *a priori* de enlaces diferentes, números de secuencia no adyacentes pueden asociarse con contenedores recibidos en sucesión; en consecuencia, estos contenedores se escribirán en ranuras no adyacentes de la memoria intermedia de realineamiento.

30 Mientras que la escritura de los contenedores se realiza *a priori* en ranuras que no son adyacentes unas a otras, la lectura de los mismos por el bloque de reconstrucción 1240 se realiza preferentemente de forma secuencial, avanzando a lo largo de ranuras consecutivas y, si es necesario, introduciendo un retardo entre la lectura de la ranura $[n]$ y la lectura de la ranura $[n+1]$.

EJEMPLO DE ESTACIÓN

35 La figura 7 muestra un ejemplo esquemático de modo de realización de una estación de transmisión/recepción que implementa los conocimientos divulgados de la presente invención.

La estación mostrada puede actuar como una estación transmisora STX y como una estación receptora SRX.

Se entiende que, durante el uso, a fin de proporcionar un sistema de telecomunicaciones unidireccionales o bidireccionales, se instalarán al menos dos estaciones, cada una en un extremo respectivo del enlace.

40 En mayor detalle, la estación de transmisión/recepción comprende una unidad interna IDU que incorpora un gestor de agregación física de lado de transmisión GTX y un correspondiente gestor de agregación de lado de recepción GRX, que están integrados en un circuito integrado programable (por ejemplo, un chip FPGA).

Como se muestra, los gestores de agregación GTX, GRX son responsables de la agregación de cuatro radioenlaces físicos.

45 El chip que incorpora los gestores de agregación en realidad está conectado a cuatro interfaces Ethernet convencionales (por ejemplo, eléctricas u ópticas), para la conexión, respectivamente:

- a un primer y un segundo aparato de modulación (y desmodulación) incorporados en la unidad interna IDU, cada uno de ellos conectado por medio de interfaces analógicas a:
 - una unidad exterior ODU respectiva que realiza solo la conversión y la transmisión (recepción) a alta frecuencia de las señales moduladas que se originan (dirigen) desde el (al) módem; cada ODU está conectada a su vez a unas respectivas

- antenas de transmisión/recepción aTX₁ para el enlace L₁;

esta configuración reproduce por lo tanto la estructura de sistema mostrada, en la que los dos radioenlaces L₁, L₂ están instalados entre un respectivo aparato de modulación/transmisión y un aparato de recepción/desmodulación implementado parcialmente en la IDU y parcialmente en la ODU, que está conectado a las antenas respectivas del enlace;

- primera y segunda unidades exteriores completas ODU, cada una de las cuales realiza todas las funciones de modulación/desmodulación y transmisión/recepción a alta frecuencia (mtx3) y está conectada a unas respectivas antenas de transmisión/recepción aTX₃, aTX₄;

Los cuatro enlaces L₁, L₂, L₃, L₄ pueden ser diferentes unos de otros y/o configurarse de manera diferente, por ejemplo, mediante diferentes canales.

EJEMPLO PRÁCTICO DE AGREGACIÓN

Supongamos que L₁, L₂, L₃ y L₄ son cuatro enlaces genéricos de un grupo de agregación, por ejemplo, los enlaces mostrados con referencia a la estación de la figura 6. El gestor de agregación 300 ha recibido de cada aparato mTX1, mTX2, mTX3, mTX4 una señal respectiva que indica un ID de configuración respectivo que preanuncia una configuración de enlace futura respectiva caracterizada por unos parámetros operativos de capacidad de transmisión C_i y latencia a partir de los cuales se obtiene el tiempo de transmisión T_i en el enlace. Los parámetros de interés tienen los siguientes valores:

- Enlace L₁: T₁ = 4,3·10⁻⁴ [s]; C₁ = 100 [Mbit/s].
- Enlace L₂: T₂ = 3,8·10⁻⁴ [s]; C₂ = 300 [Mbit/s].
- Enlace L₃: T₃ = 1,17·10⁻³ [s]; C₃ = 10 [Mbit/s].
- Enlace L₄: T₄ = 1,99·10⁻³ [s]; C₄ = 5 [Mbit/s].

El sistema mostrado en el ejemplo usa una "base" de 1 contenedor para cada enlace de la combinación candidata y un tamaño de contenedor cntr_{size} = 512 bytes. La capacidad de realineamiento máxima de la memoria intermedia de realineamiento receptora es Δ_{MAX} = 80 cntr.

El gestor de agregación 300 determina que los cuatro enlaces L1-L4 están en estado disponible y calcula iterativamente los valores de la capacidad de realineamiento mínima necesaria para la memoria intermedia y la capacidad de transmisión agregada para todas las combinaciones posibles de enlaces disponibles.

Los valores calculados se muestran en la tabla 1.

ENLACES					
L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	ΣC _i [Mbit/s]	Δ _{req} [#cntr]
X	X	X	X	415	167
X	X	X		410	82
X	X		X	405	162
X	X			400	7
X		X	X	115	46
X		X		110	21
X			X	105	41
X				100	1
	X	X	X	315	126
	X	X		310	61
	X		X	305	121
	X			300	1
		X	X	15	9
		X		10	1
			X	5	1

Tabla 1

Considerando estos valores calculados, el gestor 300 selecciona la combinación de enlaces L₁ y L₂ (400; 7) como un conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima compatible con la memoria realineamiento Δ_{MAX} = 80 de la estación RX.

Después de cierto período de tiempo, el gestor de capacidad agregada 300 recibe una señal de pérdida aérea del enlace L_2 ; por lo tanto, el gestor 300 determina que el enlace L_2 ha pasado al estado de alarma y lo excluye de los enlaces disponibles.

- 5 El cálculo de la capacidad agregada y la capacidad de realineamiento mínima necesaria para las posibles combinaciones de los enlaces restantes L_1 , L_3 , L_4 permanece sin cambios en comparación con el de la tabla 1 y da como resultado la selección del conjunto que comprende los tres enlaces L_1 , L_3 , L_4 (115; 46) como conjunto que tiene la capacidad agregada máxima (115 Mbit/s) compatible con la capacidad de realineamiento $\Delta_{\text{MAX}} = 80$ de la estación SRX.

- 10 Después de otro intervalo de tiempo, el gestor de capacidad agregada 300 recibe una señal desde el modulador mTX₄ del enlace L_4 que preanuncia un cambio de configuración identificado por un nuevo ID de configuración. La señal se proporciona algunos ms antes de la implementación real del cambio de configuración del enlace, de tal forma que se permite el cálculo por el gestor de la nueva combinación óptima de enlaces disponibles.

El gestor obtiene los valores para capacidad de transmisión, latencia y tiempo de transmisión en el enlace que están asociados con la nueva configuración:

- 15 • Enlace L_4 : $C_{4,\text{new}} = 1$ [Mbit/s] $T_{4,\text{new}} = 8,54 \cdot 10^{-3}$ [s].

El gestor de capacidad agregada 300 recalcula a continuación los valores para la capacidad de realineamiento mínima Δ_{req} necesaria para la memoria intermedia de realineamiento y la capacidad de transmisión agregada $\sum C_i$ para todas las posibles combinaciones de enlaces disponibles. Los valores calculados se muestran en la tabla 2.

ENLACES			$\sum C_i$ [Mbit/s]	Δ_{req} [# cntr]
L_1	L_3	L_4		
X	X	X	111	222
X	X		110	21
X		X	101	201
X			100	1
	X	X	11	24
	X		10	1
		X	1	1

20 Tabla 2

Considerando estos valores calculados, el gestor 300 selecciona la combinación de enlaces L_1 y L_3 como conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima (100 Mbits/s) compatible con la memoria realineamiento de la estación RX.

- 25 Por lo tanto, resulta claro cómo, con un método y un procedimiento de acuerdo con la presente invención, es posible seleccionar, a partir de un grupo de agregación, un conjunto de enlaces disponibles entre una estación transmisora y una estación receptora que da como resultado un enlace lógico entre las dos estaciones que tienen la capacidad de transmisión agregada máxima posible, compatible con la capacidad de la estación receptora para realinear el flujo de datos enviados dividido en los enlaces de dicho conjunto.

- 30 El gestor de agregación y los procedimientos asociados descritos permiten además reprocesar dicho conjunto de enlaces de manera oportuna y determinista siempre que se produzca un cambio de estado y/o configuración de uno de los enlaces pertenecientes al grupo de agregación.

- 35 Se puede observar en particular cómo el método y el procedimiento descritos permiten una adaptación muy fácil a los posibles cambios de capacidad de transmisión C_i que pueden afectar a un enlace, lo cual es particularmente ventajoso en el sector de los radioenlaces físicos donde la capacidad de transmisión varía a menudo de forma adaptativa a las condiciones operativas y las condiciones del medio de transmisión (aire).

- 40 Esto se realiza comunicando de antemano la capacidad de transmisión variada de cada enlace al gestor de agregación, que de este modo puede reprocesar a lo largo del tiempo el conjunto óptimo de enlaces disponibles. Los flujos de contenedores así distribuidos nunca se reenvían a un enlace donde un cambio de configuración daría como resultado la pérdida de los mismos, por ejemplo, debido a la insuficiente capacidad de realineamiento de la estación receptora.

Se obtienen otros aspectos ventajosos de la presente invención tal como se indica a continuación:

- la transmisión/recepción es transparente en lo que respecta al contenido del flujo de la red y, por lo tanto, a su estructura interna y los protocolos usados que, por lo tanto, el sistema de transmisión no necesita conocer;
- a cada enlace se le suministra únicamente la cantidad de datos que puede transportar (dependiendo de la configuración de enlace contingente);
- la compatibilidad de un conjunto de enlaces combinados con el tamaño de la memoria intermedia de realineamiento receptora siempre está garantizada, evitándose de ese modo la reescritura en la memoria intermedia o evitándose que la escritura de un nuevo contenedor en la i-ésima posición (ranura) de la memoria intermedia se produzca antes de que el contenedor escrito previamente en la misma posición se haya extraído de la memoria intermedia;
- cualquier variación (temporal) en la capacidad de cualquier enlace, como las reducciones debidas a la lluvia en los enlaces de retransmisión de radio, simplemente se gestiona recalculando el conjunto de enlaces con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento en el receptor, con antelación a un cambio de modulación, o inmediatamente en caso de un cambio repentino del estado del enlace de "disponible" a "en alarma".

También se entiende que los modos de realización indicados a continuación están incluidos en la presente descripción.

Un dispositivo gestor para una estación de transmisión capaz de controlar la distribución de un flujo digital en un conjunto de enlaces físicos seleccionados de entre los que pertenecen a un grupo que comprende una pluralidad (N) de enlaces físicos (Li) que conectan la estación transmisora (STX) y una estación receptora (SRX) y que se combinan en un único enlace lógico entre la estación transmisora (STX) y la estación receptora (SRX) que tiene una capacidad agregada (TOT_CAP).

caracterizado por que comprende:

- una unidad de procesamiento (310) para seleccionar un conjunto de enlaces disponibles que se van a combinar, que aumenta al máximo la capacidad agregada de una manera compatible con una capacidad de realineamiento de la estación SRX;
- unas conexiones de entrada (301i) para recibir señales de estado y/o configuración de enlace desde un aparato de modulación/transmisión mTXi de cada enlace Li;
- al menos una memoria (320) que comprende información que permite obtener los valores de parámetros de configuración adecuados de un enlace, por medio de una señal de estado y/o configuración de enlace recibida desde un aparato de modulación/transmisión mTXi del dicho enlace;
- conexiones de salida (302i) para controlar la distribución de los contenedores en los Na enlaces Li del conjunto de enlaces disponibles seleccionados, lo cual determina la capacidad agregada máxima del enlace lógico, compatible con la memoria de realineamiento de la estación receptora SRX.

Un dispositivo gestor de acuerdo con el modo de realización anterior, caracterizado por que dicha memoria 320 comprende datos para asociar un valor de capacidad de transmisión de enlace y de latencia de procesamiento de enlace respectivo con un identificador de configuración de enlace recibido.

Un dispositivo gestor de acuerdo con cualquiera de los modos de realización 8 o 9, caracterizado por que dicha unidad de procesamiento está adaptada para:

- determinar los enlaces en un estado disponible del grupo de agregación;
- determinar los valores de capacidad de transmisión y de latencia de procesamiento preanunciados para cada enlace disponible;
- calcular la capacidad agregada de cada combinación posible de dichos enlaces disponibles;
- calcular la capacidad de realineamiento mínima necesaria en el receptor SRX para cada combinación posible de enlaces disponibles;
- seleccionar la combinación de enlaces disponibles con capacidad de realineamiento mínima necesaria compatible con la capacidad de realineamiento del receptor SRX, que tiene la capacidad agregada máxima.

Un dispositivo gestor de acuerdo con el modo de realización anterior, caracterizado por que la unidad de procesamiento realiza el cálculo de la capacidad de realineamiento mínima necesaria en la estación receptora SRX para una posible combinación de enlaces disponibles:

- calculando, para cada enlace de la combinación, el tiempo T_i para una transmisión en el enlace de un contenedor de tamaño $ctnr_{size}$ desde la estación transmisora STX a la estación receptora SRX, realizándose el cálculo sobre la base de la capacidad de transmisión de enlace C_i y la latencia de procesamiento r_i ;
- 5 - Determinando el tiempo de transmisión T_M en el enlace disponible con un tiempo de transmisión máximo de la combinación de enlaces disponibles;
- determinando el tiempo de transmisión T_m en el enlace disponible con un tiempo de transmisión mínimo de la combinación candidata de enlaces disponibles;
- 10 - calculando la capacidad de almacenamiento mínima Δ_{req} necesaria en la estación receptora GRX para realineamiento del flujo digital, como una función de dichos tiempos de transmisión T_M y T_m , del número N_a de enlaces de la combinación de enlaces físicos disponibles y del tamaño de contenedor $ctnr_{size}$.

Un dispositivo gestor de acuerdo con cualquiera de los modos de realización 8 a 11, caracterizado por que está adaptado para repetir la selección y el cálculo del conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima del enlace lógico, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX, en caso de recepción de al menos una señal que indica una variación de estado y/o configuración de al menos un enlace.

- 15 Dispositivo gestor de acuerdo con cualquiera de los modos de realización 8 a 12, en el que dichas señales de estado comprenden una señal de pérdida aérea y/o de advertencia temprana recibida desde un aparato de modulación/transmisión mTXi de un radioenlace; y/o

20 dicho cambio en una señal de configuración comprende una señal de perfil de módem que comprende un identificador de un perfil de modulación futuro, recibido desde un aparato de modulación/transmisión mTXi de un radioenlace,

en el que una señal de pérdida aérea y/o de advertencia temprana indica un deterioro en el rendimiento del radioenlace, que el gestor de capacidad agregada asocia con un cambio de estado del enlace de "disponible" a "en alarma",

- 25 y en el que una señal de perfil de módem preanuncia un cambio en el perfil de modulación, estando configurado el gestor de capacidad agregada para recuperar de la memoria 320 nuevos valores de capacidad de transmisión y latencia de procesamiento del enlace a partir del identificador del perfil de modulación anunciado.

Un dispositivo gestor de acuerdo con el modo de realización anterior, en el que la unidad de procesamiento registra de inmediato un cambio de estado de "disponible" a "en alarma" para un i-ésimo enlace cuando recibe una señal de advertencia temprana y/o pérdida aérea que indica un deterioro del rendimiento de enlace, y/o

- 30 registra con un retardo de algunos milisegundos en caso de una mejora un cambio de estado de "en alarma" a "disponible" cuando recibe una señal de advertencia temprana y/o pérdida aérea que indica una mejora del rendimiento.

35 Aunque se describe con relación a un número de modos de realización y un número de ejemplos preferidos de modo de realización de la presente invención, se entiende que el alcance de protección de la presente patente está determinado únicamente por las reivindicaciones proporcionadas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar la capacidad de realineamiento mínima Δ_{req} necesaria en una estación receptora SRX para realinear un flujo digital (F_{tx}) empaquetado en una estación transmisora STX en contenedores de tamaño $cntr_{size}$,

5 y distribuido en un conjunto (N_a) de enlaces físicos disponibles seleccionados de entre los pertenecientes a un grupo que comprende una pluralidad (N) de enlaces físicos (L_i) que conectan la estación transmisora (STX) y la estación receptora (SRX) y que van a combinarse en un solo enlace lógico entre las dos estaciones,

10 - en el que una capacidad de transmisión de enlace respectiva C_i y una latencia de procesamiento de enlace respectiva r_i están asociadas con cada enlace disponible (L_i);

comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- calcular, para cada enlace disponible, el tiempo T_i para transmisión de un contenedor de tamaño $cntr_{size}$ desde la estación transmisora STX a la estación receptora SRX,

15 - realizándose el cálculo sobre la base de la capacidad de transmisión C_i y latencia de procesamiento r_i de enlace;

- determinar el tiempo de transmisión T_M en el enlace disponible con un tiempo de transmisión máximo entre los enlaces del conjunto de enlaces disponibles seleccionados;

- determinar el tiempo de transmisión T_m en el enlace disponible con un tiempo de transmisión mínimo entre los enlaces del conjunto de enlaces disponibles seleccionados;

20 - calcular la capacidad de almacenamiento mínima Δ_{req} necesaria en la estación receptora GRX para realineamiento del flujo digital, como una función de dichos tiempos de transmisión T_M y T_m , el número N_a de enlaces del conjunto de enlaces físicos disponibles seleccionados, y el tamaño $cntr_{size}$.

2. Método de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el tiempo de transmisión T_i de un contenedor de tamaño $cntr_{size}$ en el i -ésimo enlace (L_i) se calcula sobre la base de la capacidad de transmisión C_i y latencia de procesamiento r_i de enlace como sigue:

25

$$T_i = [(K * cntr_{size}) / C_i] + r_i,$$

en el que K es un entero, preferentemente igual a 2; y en el que:

- el tiempo de transmisión T_M en el enlace disponible con un tiempo de transmisión máximo del conjunto de enlaces disponibles se calcula como sigue;

30

$$T_M = [(2 * cntr_{size}) / C_M] + r_M = \max_i \{T_i\}$$

- el tiempo de transmisión T_m en el enlace disponible con un tiempo de transmisión mínimo del conjunto de enlaces disponibles se calcula como sigue:

$$T_m = [(2 * cntr_{size}) / C_m] + r_m = \min_i \{T_i\}.$$

35

3. Método de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la etapa de calcular la capacidad de realineamiento mínima Δ_{req} necesaria en la estación de recepción GRX para realineamiento del flujo digital se realiza como sigue:

$$\Delta_{req} = N_a + \frac{(T_M - T_m)}{cntr_{size}} \cdot \sum_i C_i$$

$$\Delta_{req} = N_a + \left(2 \cdot \frac{C_m - C_M}{C_M \cdot C_m} + \frac{r_M - r_m}{cntr_{size}} \right) \cdot \sum_i C_i$$

en el que N_a es el número de enlaces del conjunto de enlaces físicos disponibles seleccionados.

40

4. Proceso para seleccionar un conjunto de enlaces físicos disponibles que se van a combinar en un único enlace lógico entre una estación transmisora (STX) y una estación receptora (SRX),

en el que los enlaces físicos:

- se seleccionan de entre los que pertenecen a un grupo que comprende una pluralidad (N) de enlaces físicos (Li) que conectan las dos estaciones (STX, SRX), y

5 - de forma que, cuando se combinan en un único enlace lógico entre las dos estaciones (STX, SRX), determinan una capacidad agregada del enlace lógico que es la máxima posible compatible con una capacidad de realineamiento asignada de la estación receptora SRX, que comprende las etapas de:

- determinar los enlaces del grupo que están en estado disponible;

- determinar el valor de una capacidad de transmisión de enlace futura y una latencia de procesamiento de enlace futura para cada enlace disponible;

10 - calcular la capacidad agregada de cada posible combinación de dichos enlaces disponibles;

- determinar una capacidad de realineamiento mínima Δ_{req} necesaria en la estación receptora SRX para cada posible combinación de enlaces disponibles;

15 - seleccionar la combinación de enlaces disponibles con capacidad de realineamiento mínima necesaria Δ_{req} compatible con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX, que tiene una capacidad agregada máxima;

en el que la capacidad de realineamiento mínima Δ_{req} necesaria en la estación receptora SRX se determina con un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

20 5. Proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** la etapa de determinar los enlaces disponibles comprende verificar cualquier cambio de estado de cada enlace del grupo y/o la construcción de una lista de enlaces disponibles.

6. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 y 5, **caracterizado por que** la etapa de determinar la capacidad de transmisión futura y latencia de procesamiento futura de un enlace comprende:

- la recepción y/o consulta de un identificador de configuración preanunciado desde un dispositivo de modulación/transmisión mTX de un enlace; y

25 - recuperación de unos valores correspondientes de capacidad de transmisión y latencia de procesamiento de enlace asociados con una configuración de enlace identificada por el identificador de configuración.

30 7. Proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el identificador de configuración preanunciado se recibe con una señal enviada por el dispositivo de modulación/transmisión mTX que preanuncia un cambio de configuración operativa del enlace, enviándose y/o recibándose la señal con antelación al cambio de configuración de tal forma que se permite procesar un nuevo conjunto de enlaces físicos disponibles con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX.

35 8. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que el valor de la capacidad de transmisión de enlace futura y/o latencia de procesamiento de enlace futura se determina sobre la base del identificador de configuración recibido, accediendo a una memoria en la que se almacenan unos valores de capacidad y/o latencia de enlace asociados con cada identificador de configuración de un enlace.

9. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, **caracterizado por que** la etapa de calcular la capacidad agregada y/o calcular la capacidad de realineamiento mínima necesaria en la estación receptora SRX, para cada combinación posible de enlaces disponibles, comprende las etapas de:

40 - identificar todas las posibles combinaciones de enlaces disponibles;

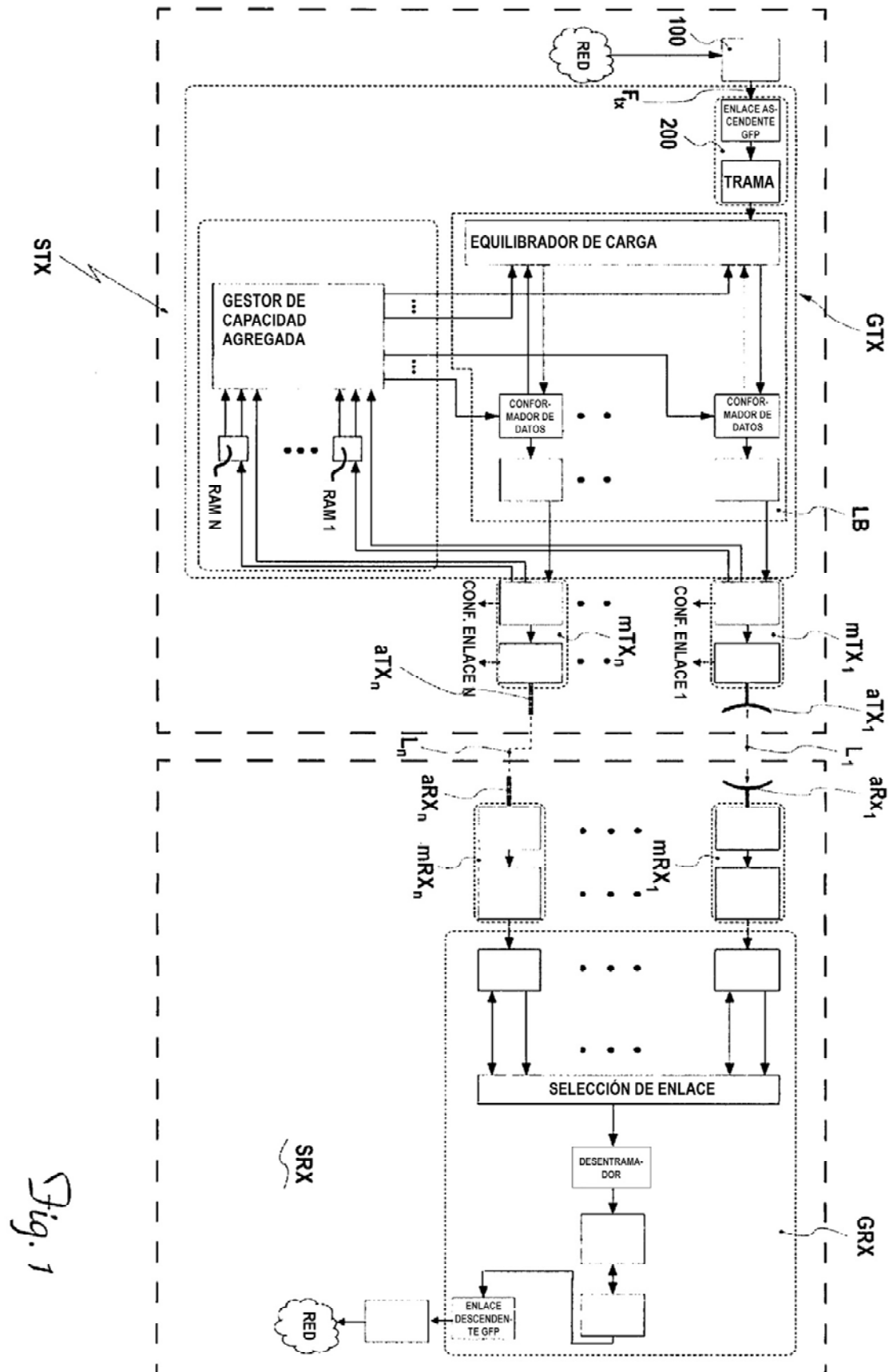
- calcular la capacidad agregada y/o la capacidad de realineamiento mínima necesaria para cada combinación identificada.

45 10. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, **caracterizado por que** la selección de la combinación de enlaces con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX, comprende:

- evaluar la compatibilidad de cada capacidad de realineamiento mínima Δ_{req} necesaria en la estación receptora SRX calculada con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX; y

50 - comparar las capacidades agregadas asociadas con todas las combinaciones de enlaces que tienen una capacidad de realineamiento mínima necesaria en la estación receptora SRX compatible con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX.

11. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 4-10, **caracterizado por que** se implementa mediante un gestor de capacidad agregada (300) de la estación transmisora (STX) que tiene unas entradas de señal para recibir señales de estado y/o de configuración desde el aparato mTX de cada enlace (Li) perteneciente al grupo de agregación.
- 5 12. Proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el gestor reprocesa el conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación receptora SRX, siempre que recibe una variación de señal de estado y/o una variación de señal de configuración desde al menos un enlace del grupo de enlaces físicos.
13. Un dispositivo gestor para una estación de transmisión, que comprende:
10 - una unidad de procesamiento (310) configurada para seleccionar, de acuerdo con un proceso de cualquiera de las reivindicaciones 4-12, un conjunto de enlaces físicos disponibles que se van a combinar en un único enlace lógico entre una estación transmisora (STX) y una estación receptora (SRX) de tal forma que, cuando se combinan en el enlace lógico único, determinan una capacidad agregada del enlace lógico que es la máxima posible compatible con una capacidad de realineamiento asignada de la estación receptora SRX;
15 - unas entradas de señal para recibir señales de estado y/o de configuración desde el aparato mTX de cada enlace (Li) de una pluralidad (N) de enlaces físicos (Li) que conectan las dos estaciones (STX, SRX).
14. Dispositivo gestor de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** está adaptado para repetir la selección y el cálculo del conjunto de enlaces disponibles con capacidad agregada máxima del enlace lógico, compatible con la capacidad de realineamiento de la estación SRX, en caso de recepción de al menos una señal que indica una variación de estado y/o configuración de al menos un enlace.
20
15. Un circuito integrado programable **caracterizado por que** está configurado para incorporar un dispositivo gestor de acuerdo con la reivindicación 13 o 14.



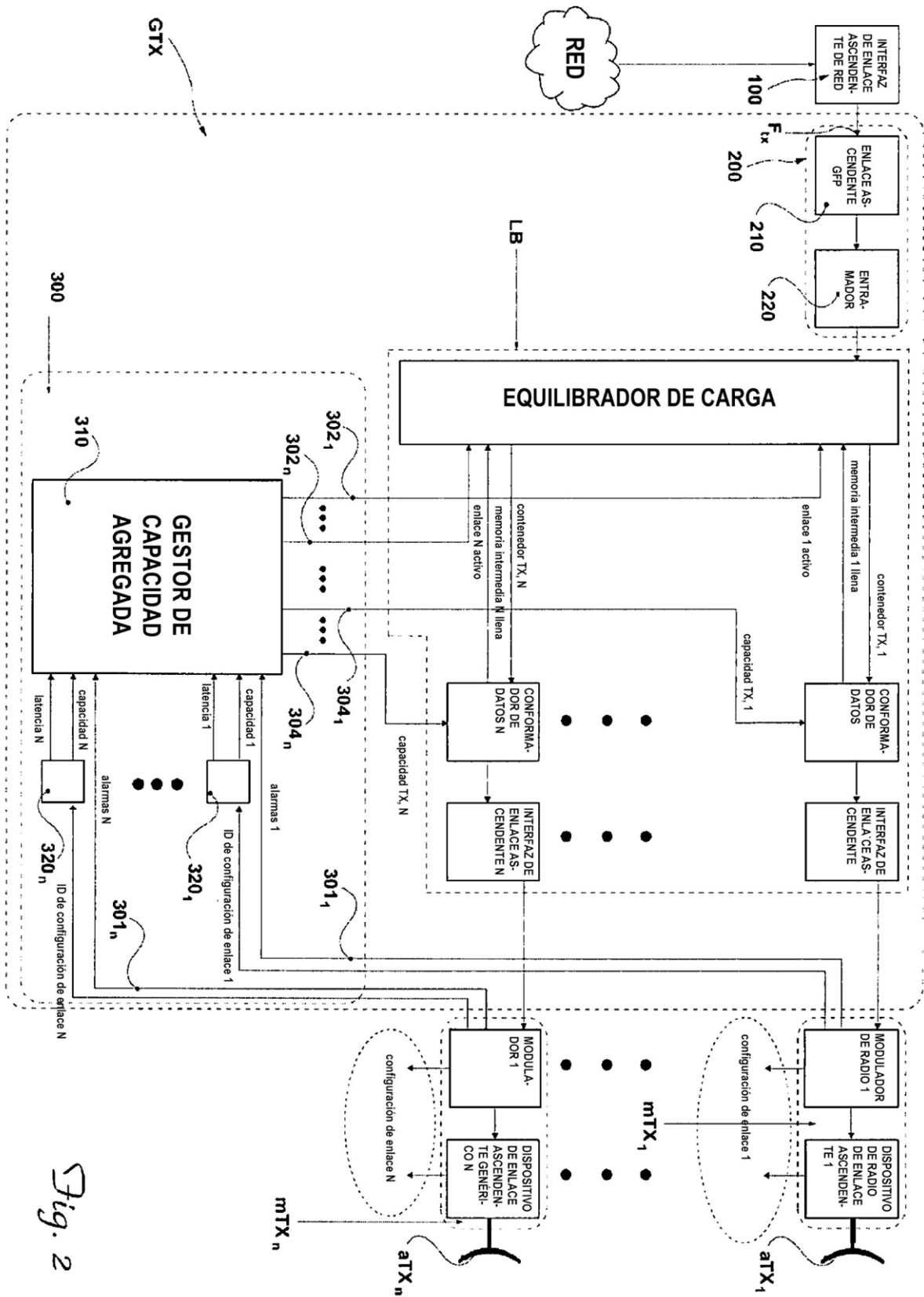
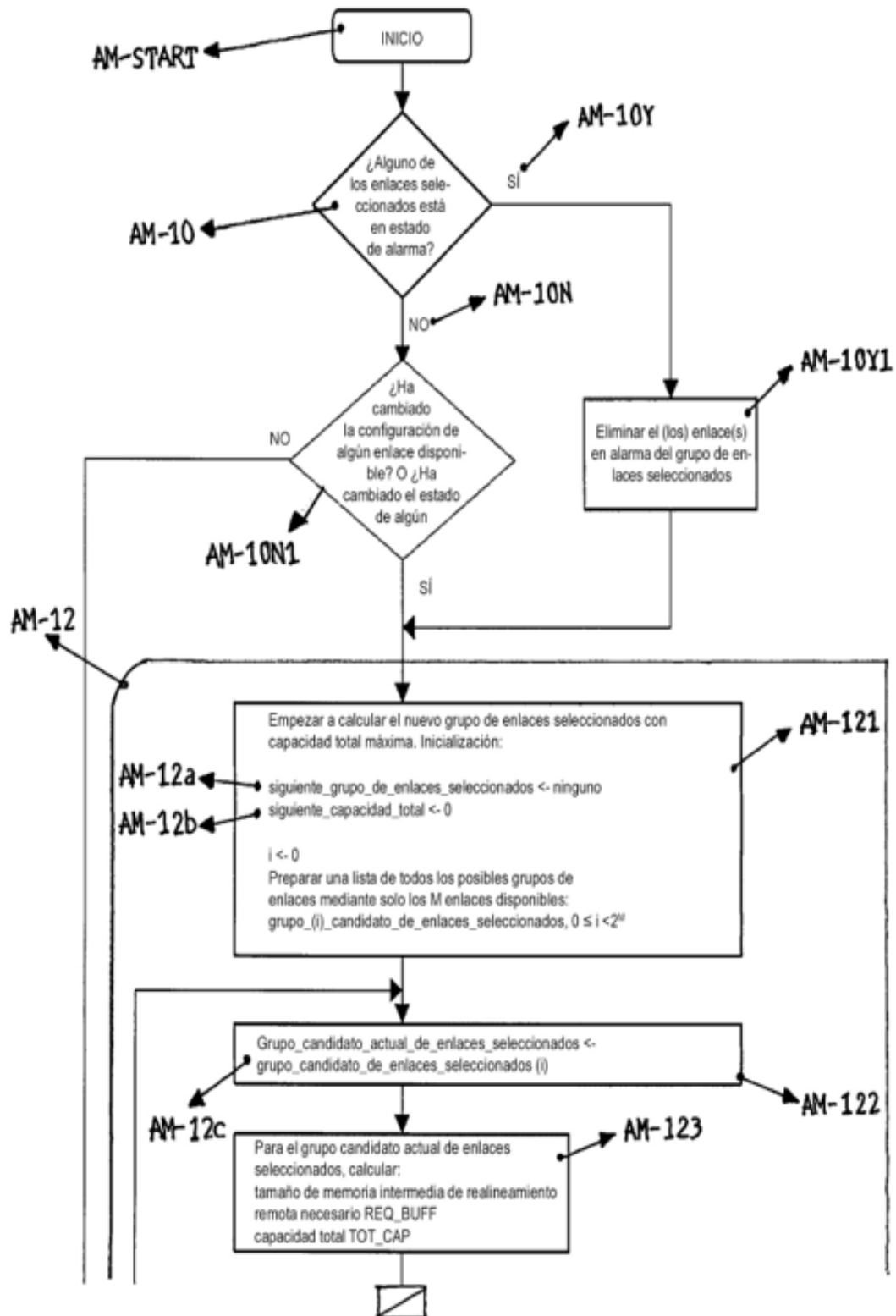


Fig. 2

Fig. 4



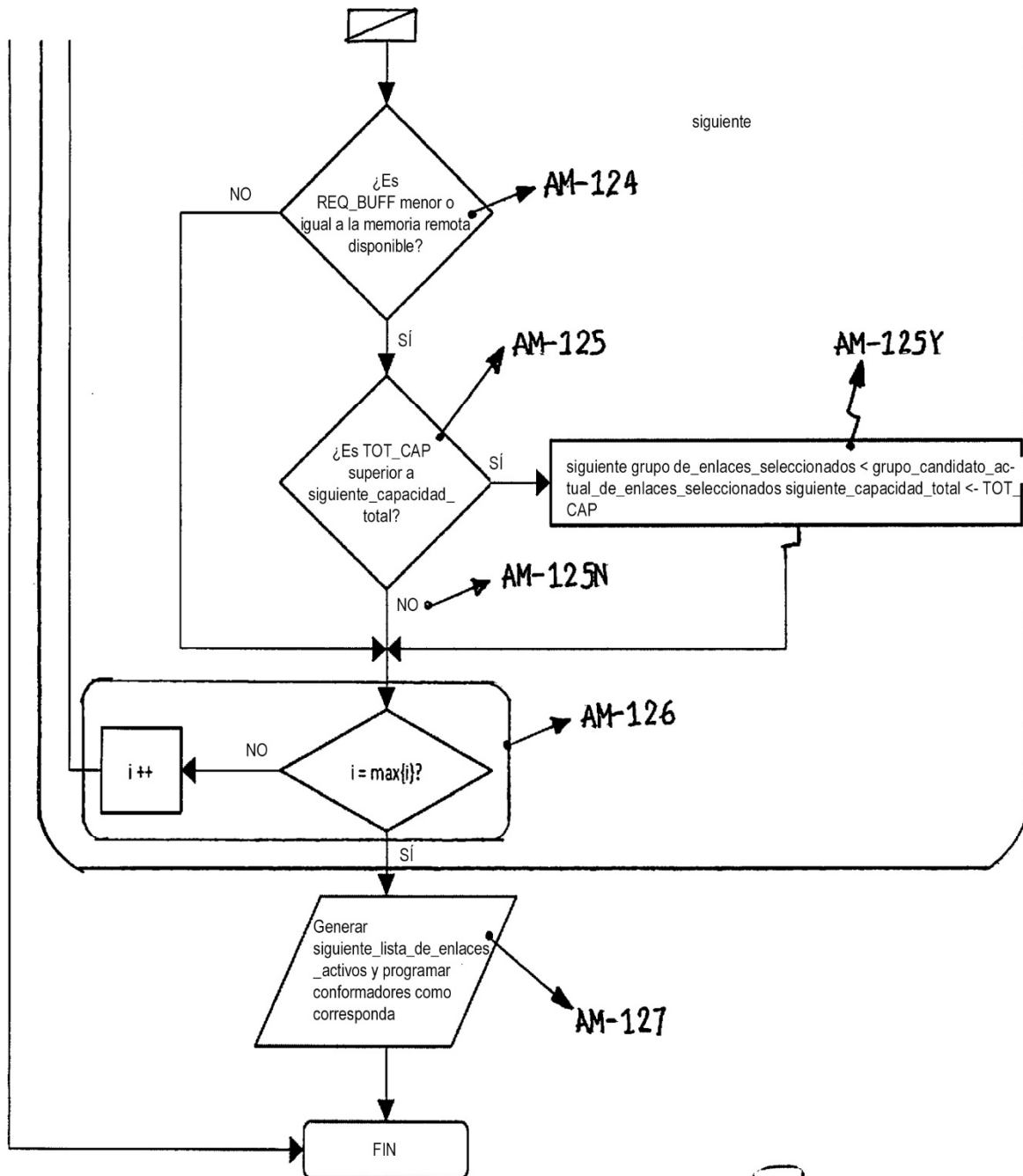


Fig. 4

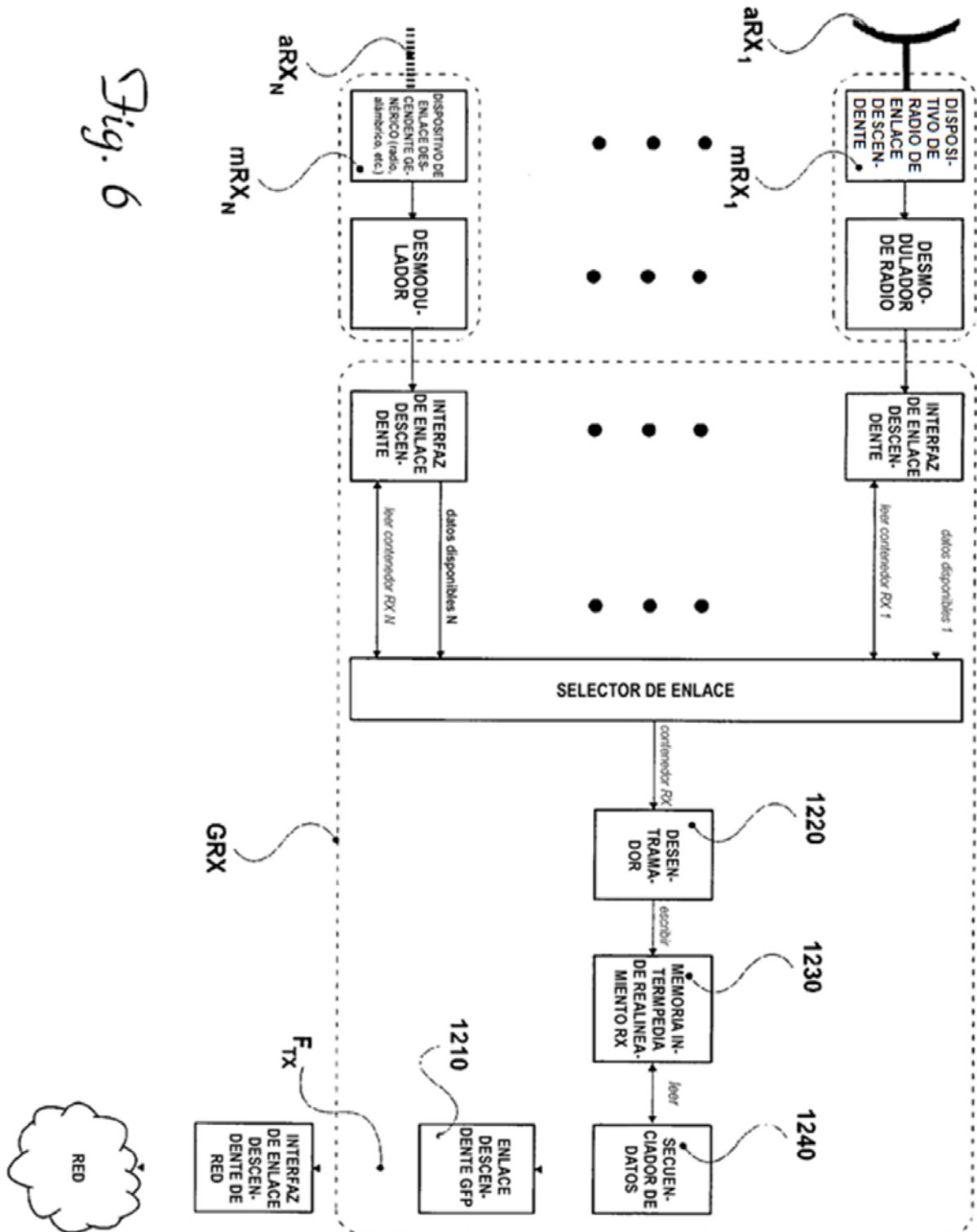
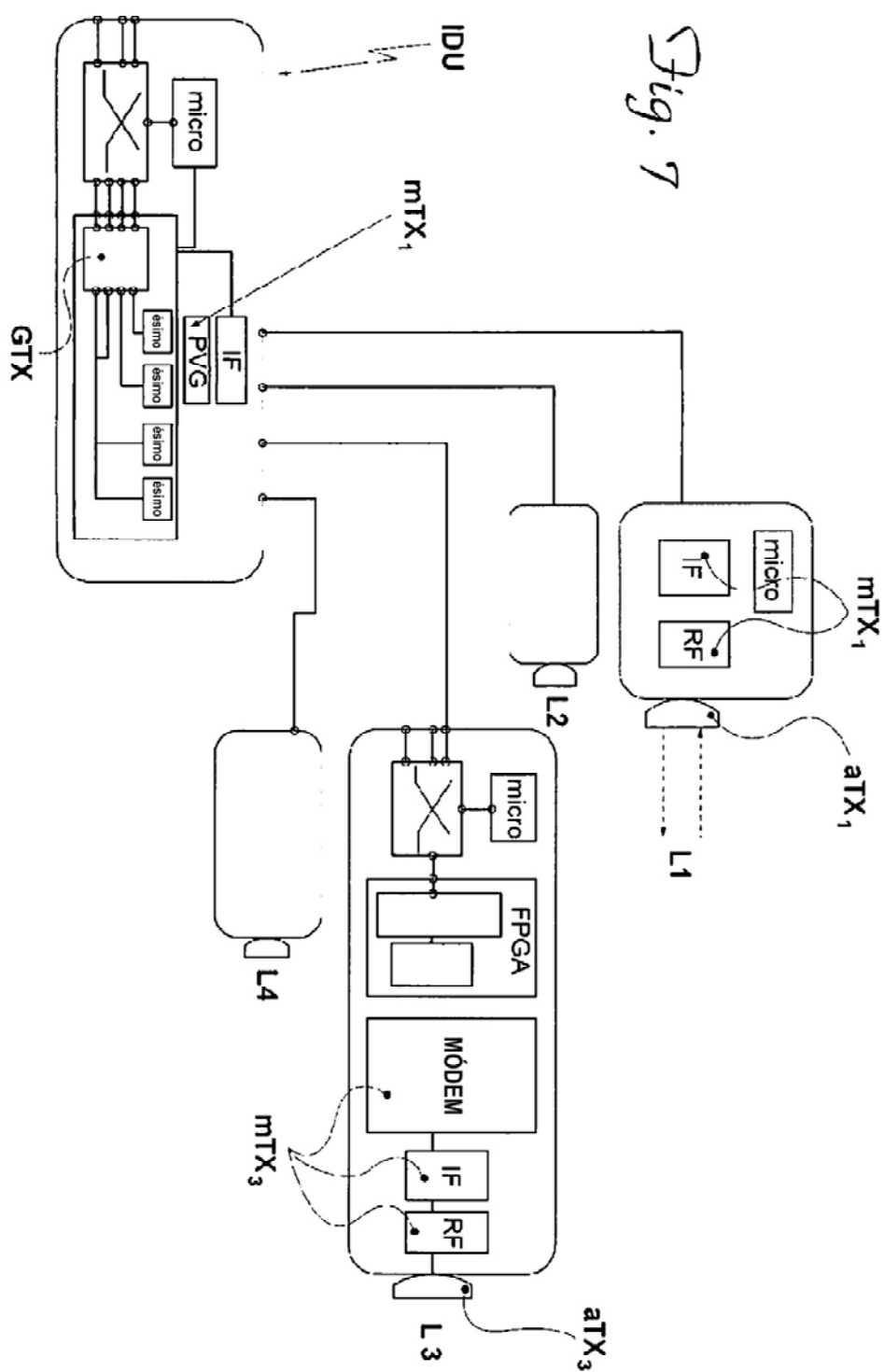


Fig. 6



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

5 Documentos de patente citados en la descripción

- EP 2416535 A [0011]