



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 846**

51 Int. Cl.:
H04L 12/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09160076 .7**

96 Fecha de presentación : **12.05.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2262186**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.12.2010**

54 Título: **Reducción de la potencia dependiente de la carga de tráfico en sistemas de conmutación por paquetes de alta velocidad.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.06.2011

73 Titular/es: **ALCATEL LUCENT**
54, rue La Boétie
75008 Paris, FR

72 Inventor/es: **Schlenk, Ralph y**
Hermesmeyer, Christian

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Reducción de la potencia dependiente de la carga de tráfico en sistemas de conmutación por paquetes de alta velocidad.

5 La invención se refiere a un método y dispositivos para un sistema de conmutación por paquetes para la reducción de la potencia dependiente de la carga de tráfico en sistemas de conmutación por paquetes.

10 El tráfico de Internet tiene y se espera que siga creciendo exponencialmente según la ley de Moore. Consecuentemente, la velocidad de línea de red se ha doblado alrededor de cada dos años en el pasado. No obstante, las tasas de reloj de las memorias y los circuitos integrados no han mejorado en la misma medida, siendo una razón que los retardos de cable en la pastilla entre la lógica del dispositivo no escalan en relación a los tamaños geométricos sino más bien permanecen constantes. Una solución común para dirigir este tema de los retardos de interconexión en diseño de alta velocidad es una paralelización de los recursos, tal como los bancos de memoria paralelos de gestores de tráfico o un alto número de interfaces pastilla a pastilla de baja velocidad comparativamente.

15 Tal paralelización de recursos para el procesamiento de paquetes de datos de alta velocidad se produce a expensas del espacio requerido y el consumo de potencia, y últimamente, costes más altos. Adicionalmente, el consumo de potencia aumentado combinado con el cada vez más pequeño diseño de los componentes físicos de los ordenadores de hoy en día y los dispositivos de red de procesamiento de paquetes provoca altas densidades de potencia. Estas altas densidades de potencia perjudican la fiabilidad y la esperanza de vida de la pastilla, aumentan los costes de enfriamiento, y, para grandes centros de datos, incluso elevan las preocupaciones medioambientales.

20 En los diseños de última tecnología, se pueden reducir dos formas de consumo de potencia, consumo de potencia dinámico y consumo de potencia estático, mediante técnicas de circuitos y nivel lógico (por ejemplo, diseño de transistores, interconexiones de baja potencia), arquitecturas de almacenamiento en caché (por ejemplo cachés adaptativas), y escalado dinámico de voltaje (DVS).

25 La US 2005/0249227 A1 revela un método que permite a un punto de acceso de red de área local inalámbrica (WLAN), tras la recepción de una trama activadora en el punto de acceso desde la estación móvil, informar a una estación móvil que funciona de acuerdo con un modo de baja potencia del funcionamiento del estado del almacenamiento temporal de cualesquiera secuencias de tráfico asociadas con la estación móvil en respuesta a la recepción de la trama de activación.

30 No obstante, la mayoría de estas técnicas son demasiado complejas para dispositivos de procesamiento de paquetes de alta velocidad, es decir, de 100 Gb/s y por encima, tales como procesadores de red (NP), gestores de tráfico (TM) y matrices de conmutación (SF). Por ejemplo, el método de DVS, que modula el voltaje de suministro y la frecuencia de reloj de la pastilla, es muy difícil de incorporar en dispositivos de procesamiento de paquetes de alta velocidad que tienen requerimientos especiales de ancho de banda, latencia de procesamiento y fluctuación.

35 Por lo tanto, hay una necesidad de resolver los temas mencionados anteriormente para proporcionar una reducción de potencia más eficiente y rentable para sistemas de conmutación por paquetes de alta velocidad.

En vista de los problemas anteriores de la técnica previa, es un objeto de la invención proporcionar un método más eficiente y sistema de conmutación por paquetes que sea capaz de reducir el consumo de potencia de los sistemas de conmutación por paquetes, particularmente de los sistemas de conmutación por paquetes de alta velocidad de 100 Gb/s y por encima.

40 Este objeto se logra mediante el asunto del tema de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes se refieren a las realizaciones preferentes de la invención.

45 De acuerdo con un aspecto de la invención, se propone un método y un sistema para reducir el consumo de potencia de un sistema de conmutación por paquetes que tiene un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente y un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede ser en particular un procesador de red. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente puede ser en particular un gestor de tráfico y / o una matriz de conmutación.

50 El método puede comprender el paso de determinar una tasa de tráfico para los paquetes de datos entrantes en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente. A modo de ejemplo, los paquetes de datos entrantes se pueden almacenar en un almacenamiento central de preclasificación del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente para gestionar la sobresuscripción del interfaz, para filtrar las ráfagas, realizar una clasificación inicial, y determinar la longitud del paquete. La longitud del paquete determinada se puede usar a continuación en la medición posterior de la tasa de tráfico para los paquetes de datos entrantes la cual puede incluir medir el número de paquetes de datos de entrada. La tasa de tráfico se puede determinar por una unidad de medición del tráfico. De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, los paquetes de datos entrantes se pueden procesar en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente y se pueden transmitir a

continuación desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. A modo de ejemplo, el procesamiento de paquetes en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede incluir al menos una de las siguientes: clasificación de paquetes, encolamiento, aprendizaje de direcciones y gestión de la tabla de envío, funcionalidad de puente incluyendo asignación de direcciones y clase de servicio (CoS), intercambio o generación de etiquetas MPLS.

El método puede incluir el paso de transmitir una indicación de la tasa de tráfico determinada antes de tiempo desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente, es decir, en un momento previo al momento que se transmiten los paquetes de datos procesados para los que ha sido determinado el tráfico al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. La diferencia de tiempos entre la transmisión de la indicación de la tasa de tráfico y la transmisión de los paquetes de datos procesados correspondientes a la tasa de tráfico puede ser al menos el tiempo necesario para activar o desactivar un recurso de procesamiento de paquetes del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. Esta indicación de la tasa de tráfico puede ser un valor derivado de la tasa de tráfico determinada de los paquetes de datos de entrada y puede comprender información para describir la tasa de tráfico. De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, los recursos de procesamiento de paquetes disponibles en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente se pueden ajustar en base a la tasa de tráfico recibida. Los recursos disponibles se pueden ajustar encendiendo o apagando algunos de los recursos de procesamiento de paquetes en paralelo del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente para adaptar los recursos activos a la carga de tráfico de manera que las capacidades de procesamiento de reserva se puedan apagar para ahorrar energía, reducir la generación de calor y aumentar el tiempo de vida de las unidades de procesamiento.

En el contexto de esta invención, un recurso de procesamiento de paquetes puede incluir una memoria de datos, en particular bancos de memoria paralelo, líneas de transmisión de paquetes de datos, o cualquier otro recurso de manejo de paquetes de datos, tal como almacenar, encolar, enviar, o cambiar los paquetes de datos.

En otras palabras, enviando una información de medición de carga determinada para un conjunto de paquetes de datos desde un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente a uno de enlace descendente mientras que los paquetes de datos para los que se ha medido la información de medición de la carga todavía están siendo procesados en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente, el método y el sistema de acuerdo con la invención puede transmitir un valor de previsión del tráfico a un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en base a que el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente pueda activar o desactivar los recursos de procesamiento de paquetes paralelo antes de que lleguen los paquetes de datos para los que se ha determinado la previsión del tráfico en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. Los pasos de transmitir la tasa de tráfico determinada se pueden conducir antes o en paralelo al paso de procesamiento de los paquetes de datos entrantes en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente en tanto en cuanto la diferencia de tiempo entre la transmisión de la tasa de tráfico y la transmisión de los paquetes de datos correspondientes proporcione suficiente tiempo para que el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente ajuste sus recursos en base a la información de la tasa de tráfico transmitida. Usando la información de medición de carga medida en un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente, el dispositivo de enlace descendente evita la necesidad de tener su propia unidad de medición integrada que normalmente requiere un almacenamiento temporal y aumenta la latencia de red y la complejidad del dispositivo. Transmitiendo la carga de procesamiento por adelantado al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente tiene suficiente tiempo para ajustar sus recursos antes de que lleguen los paquetes de datos procesados para los que se ha medido la tasa de tráfico en el dispositivo de enlace descendente. De este modo, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente puede usar el tiempo de retardo que se causa en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente debido al procesamiento de paquetes para optimizar su configuración de recursos en base a la información de la tasa de tráfico recibida por adelantado de los paquetes de datos. Como resultado, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente puede gestionar sus recursos más eficientemente, reduciendo por ello el consumo de energía.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el método puede incluir el paso de la distribución de carga de los paquetes de datos a través de un recurso de procesamiento de paquetes con las unidades de procesamiento paralelo minimizando el número de unidades de procesamiento de paquetes paralelo utilizadas. Los planteamientos de balanceo de carga convencionales en sistemas de conmutación por paquetes de alta velocidad son balancear la carga de los paquetes de datos a través de los recursos de procesamiento paralelo distribuyendo uniformemente los paquetes de datos a través de los recursos de procesamiento de paquetes paralelo disponibles, de manera que la carga de procesamiento se comparte por todos los recursos de procesamiento. En contraste, la invención propone distribuir la carga a tan pocas unidades de procesamiento como sea posible para maximizar el número de unidades de procesamiento inactivas que se pueden desconectar a continuación de manera que ahorren consumo de potencia si la tasa de tráfico determinada indica una previsión de tráfico más baja. A modo de ejemplo, en lugar de usar todas las líneas de transmisión paralelo disponibles de un dispositivo de procesamiento de paquetes con una baja utilización, la invención propone distribuir los paquetes de datos a través de tan pocas líneas de transmisión paralelo

como sea posible lo cual puede facilitar el apagado de un número de las líneas de transmisión no usadas como se indique por la tasa de tráfico determinada.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, en el paso de transmitir la información de la tasa de tráfico, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede añadir un campo de cabecera que comprende la tasa de tráfico determinada para los paquetes de datos entrantes que todavía están siendo procesados en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente a al menos un paquete de datos ya procesado por el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente. Como consecuencia, la carga de señalización entre el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente y el de enlace descendente no aumentaría según se transportaría la información que determina la tasa de tráfico con los paquetes de datos del enlace descendente. Alternativamente, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede transmitir la tasa de tráfico usando un paquete de datos o mensaje de control separado. Los medios para transferir y evaluar la información de la medida de carga no están limitados a la transmisión en banda, sino que puede ocurrir fuera de banda, directamente, o mediante la observación indirecta de otras instalaciones.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, la tasa de tráfico se puede determinar determinando un valor de la tasa de información y/ o un valor de la tasa de ráfagas para los paquetes de datos entrantes. Los valores determinados para la tasa de información y la tasa de ráfagas se pueden usar para una determinación precisa de las necesidades de recursos de un dispositivo de procesamiento de paquetes en base al cual se pueden ajustar dinámicamente los recursos disponibles para aumentar la eficiencia de potencia. Puede ser beneficioso determinar los valores de la tasa de información y/ o el valor de la tasa de ráfagas separadamente para cada flujo de paquetes entrante o para un ancho de banda de paquetes agregado que depende de la complejidad del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente.

Un aspecto adicional de la invención se refiere a un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente y un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de un sistema de conmutación por paquetes, en donde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede incluir una unidad de medición de tráfico configurada para determinar una tasa de tráfico para los paquetes de datos entrantes. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede incluir los medios para transmitir la tasa de tráfico determinada desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en un momento previo al momento que se transmiten los paquetes de datos procesados para los cuales se ha determinado la tasa de tráfico al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente además puede incluir un procesador de paquetes de datos para procesar los paquetes de datos de entrada y puede incluir un transmisor de paquetes de datos para transmitir los paquetes de datos procesados desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente puede incluir un gestor de recursos configurado para ajustar los recursos de procesamiento de paquetes disponibles en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en base a la tasa de tráfico recibida.

En el contexto de esta invención, un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede servir a múltiples dispositivos de procesamiento de paquetes de enlace descendente, por ejemplo, un primer dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente que se configura para recibir los paquetes de datos directamente desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente, y un segundo dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente que se configura para recibir paquetes de datos desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente a través del primer dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente también puede servir a una cadena de dispositivos de procesamiento de paquetes de enlace descendente. Un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en el contexto de la invención recibe y usa la información de la tasa de tráfico que ha sido determinada y transmitida por al menos un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente para ajustar los recursos de procesamiento de paquetes en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente.

Preferentemente, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede comprender una unidad de almacenamiento temporal para el almacenamiento temporal, gestión de preclasificación y sobresuscripción de los paquetes de datos entrantes. Esto puede ser beneficioso debido al hecho de que esta unidad de almacenamiento temporal puede ser capaz de mantener cientos de tramas para filtrar ráfagas y determinar la longitud del paquete para la medición del tráfico posterior.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede ser un procesador de red de una troncal de red de alta velocidad que comprende capacidades de procesamiento, preferentemente capacidades de procesamiento de paquetes paralelos, para realizar la clasificación de los paquetes, el envío y el etiquetado y el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente puede ser un gestor de tráfico de una troncal de red que comprende capacidades de procesamiento paralelo configuradas para implementar la gestión de tráfico, encolamiento, segmentación y re ensamblado de los paquetes de datos, y la gestión del interfaz para una matriz de conmutación y en donde el gestor de tráfico se puede conectar a través de un interfaz de transmisión multicamino al dispositivo procesador de red. La aplicación de la invención a

un gestor de tráfico es en particular beneficiosa debido al hecho de que un gestor de tráfico es un contribuyente principal a la disipación de potencia total de un subsistema de conmutación. A modo de ejemplo, el gestor de recursos del dispositivo gestor de tráfico puede ser un controlador de memoria para controlar un conjunto de bancos de memoria paralelo del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente o un controlador de interfaz para controlar un conjunto de múltiples caminos de transmisión del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente.

A modo de ejemplo, el procesador de red y el gestor de tráfico se pueden implementar en una tarjeta de línea que se conecta a una tarjeta de conmutación a través de una interconexión de alta velocidad. El método y el sistema de la invención se implementan preferentemente en una red de conmutación por paquetes de alta velocidad, por ejemplo las redes de 100 Gb/s y por encima.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el gestor de recursos del sistema de conmutación de paquetes puede activar o desactivar uno o más recursos paralelo de los elementos de procesamiento paralelo. De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, un dispositivo gestor de tráfico de alta velocidad, puede comprender docenas de bancos de memoria paralelo, bucles de canalización e interfaces multicamino para lograr el flujo de datos deseado que se pueden apagar parcialmente en base a la tasa de tráfico determinada para ahorrar energía, para reducir la generación de calor y los requerimientos de enfriamiento, y aumentar el tiempo de vida de las unidades de procesamiento de paquetes.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone que el gestor de recursos del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente pueda comprender una máquina de estado que cambia el estado de los recursos de procesamiento de paquetes en base a la tasa de tráfico recibida. A modo de ejemplo, la máquina de estado se puede configurar para seleccionar un estado y gestionar la transición entre los estados para cada uno de los componentes de procesamiento paralelo del dispositivo basado en los valores de la tasa de información y tasa de ráfagas recibidas, en donde el estado determina los recursos de procesamiento paralelo disponibles de los componentes de procesamiento paralelo.

Para usar la información de medición de carga determinada en un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente según el flujo de transmisión a través de un sistema de conmutación por paquetes para adaptar el rendimiento de transmisión a la demanda real, un aspecto adicional de la invención se refiere a un sistema de conmutación por paquetes que puede comprender una pluralidad de procesadores de red y una pluralidad de gestores de tráfico y, como un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente adicional, una matriz de conmutación que comprende múltiples dispositivos de conmutación en conexión cruzada a la pluralidad de gestores de tráfico paralelo. El gestor de recursos de la matriz de conmutación se puede configurar para recibir todas las tasas de tráfico transmitidas desde la pluralidad de procesadores de red de enlace ascendente a la matriz de conmutación a través del gestor de tráfico y gestionar los recursos de procesamiento de paquetes de la matriz de conmutación en base a una información de la tasa de tráfico agregada determinada desde todas las tasas de tráfico recibidas. La información de la tasa de tráfico agregada determina una previsión de la carga de tráfico de entrada total para la matriz de conmutación, en base a la cual el gestor de recursos de la matriz de conmutación puede encender o apagar algunos de sus recursos de procesamiento de paquetes para aumentar su eficiencia de consumo de potencia.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se puede configurar un dispositivo de conmutación en conexión cruzada de la matriz de conmutación para ser desactivado si han sido desactivados todos los enlaces de transmisión que conectan el dispositivo de conmutación con una pluralidad de gestores de tráfico por los gestores de tráfico en base a las tasas de tráfico recibidas en los gestores de tráfico.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el gestor de recursos puede ajustar los recursos de procesamiento de paquetes disponibles apagando parcialmente los elementos de procesamiento de paquetes paralelo para reducir la disipación de potencia estática y / o bloqueando el reloj de los recursos de procesamiento de paquetes para reducir la disipación de potencia dinámica.

La invención se explica más abajo de una manera ejemplar con referencia a los dibujos anexos, en donde

La Fig. 1 ilustra un diagrama de bloques de un subsistema de conmutación por paquetes de alta velocidad que comprende un procesador de red y un gestor de tráfico;

La Fig. 2 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente y un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con una realización de la invención;

La Fig. 3 muestra el diagrama de flujo de los pasos implicados en una reducción de la potencia dependiente de la carga de tráfico en un sistema de conmutación por paquetes de acuerdo con una realización de la invención;

La Fig. 4 ilustra un ejemplo de un paquete de datos donde se añadió un campo de cabecera adicional que comprende la información de la tasa de tráfico determinada de acuerdo con una realización de la invención;

La Fig. 5 ilustra un almacenamiento temporal de paquetes de un gestor de tráfico que comprende un controlador de memoria y un número de unidades de memoria en paralelo;

La Fig. 6 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de conmutación por paquetes de alta velocidad que comprende una pluralidad de procesadores de red, gestores de tráfico y entidades de conmutación de acuerdo con otra realización de la invención;

La Fig. 7 ilustra una arquitectura ejemplar de un procesador de red; y

La Fig. 8 ilustra una arquitectura ejemplar de un gestor de tráfico.

La Fig. 1 ilustra un diagrama de bloques de un subsistema de conmutación por paquetes de alta velocidad que comprende un procesador de red y un gestor de tráfico. Un dispositivo PHY 2 y un dispositivo MAC/Entramador 3 son para transportar Ethernet y pasar los datos de red entrantes en un procesador de red (NP) 10 y un gestor de tráfico (TM) 20 para el envío, clasificación, priorización y control de flujo. El dispositivo PHY 2, el dispositivo MAC/Entramador 3, el NP 10 y el TM 20 y un gestor de matriz 5 que interconectan el cableado posterior se implementan típicamente en una tarjeta de línea 1. La tarjeta de línea 1 envía los datos a un dispositivo de matriz de conmutación (SF) 30, que pasa los datos a otras tarjetas de línea. El NP 10, el TM 20 y la SF 30 se relacionan con las funciones de conmutación Ethernet. Los dispositivos se conectan a través de líneas de transmisión multicamino paralelas para las transmisiones de paquetes de alta velocidad de 100 Gb/s y por encima. El método de la invención se puede implementar en tal subsistema de conmutación por paquetes de alta velocidad que comprende un procesador de red y un gestor de tráfico que se describe más tarde en la Fig. 2.

La Fig. 2 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente y un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con una realización de la invención. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente es un procesador de red de entrada 10 y el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente es un gestor de tráfico 20.

El procesamiento de red se refiere a procesar los paquetes de datos de red entrantes de acuerdo con algún conjunto de reglas, y transmitirlos en una línea de transmisión saliente. El NP 10 de acuerdo con una realización de la invención comprende un almacenamiento temporal de preclasificación 11 para el almacenamiento temporal de los paquetes de datos entrantes para gestionar la sobresuscripción del interfaz, filtrar las ráfagas y determinar la longitud del paquete para los paquetes de datos de entrada. La longitud del paquete se usa para la medición posterior por medio de un medidor de tráfico 12 que determina la tasa de tráfico de los paquetes de datos entrantes. El NP 10 comprende además una serie de Elementos de Procesamiento (PE) 13 para el procesamiento de los paquetes de datos entrantes después de que los paquetes han pasado la unidad de medición 12. Los PE 13 se pueden implementar como núcleos de Ordenador con Conjunto de Instrucciones Reducidas (RISC) reducidos en los que el conjunto de instrucciones ha sido personalizado para manejar y procesar los paquetes de datos de red. En particular, el NP 10 con sus PE 13 realiza varias funciones tales como la clasificación de paquetes, filtrado, envío, clasificación, medición, marcado, política y contabilización. Por ejemplo, el NP se puede configurar para el aprendizaje y la gestión de la tabla de envío, la funcionalidad de puente que incluye la asignación de direcciones y clase de servicio (CoS), el procesamiento de etiquetas VLAN, la generación o intercambio de etiquetas MPLS. Típicamente, los NP se configuran para las capacidades de procesamiento paralelo que contiene múltiples PE 13. Existen distintas implementaciones para los NP de los sistemas de conmutación por paquetes de alta velocidad, por ejemplo respecto a la arquitectura, complejidad a posibilidad de programación. Una arquitectura ejemplar de un NP 10 se muestra en la Fig. 7.

Como se ilustra en la Fig. 2, el NP de entrada 10 se conecta a un TM de enlace descendente 20 a través de las líneas de transmisión multicamino paralelas. Los TM 20 típicamente residen en una tarjeta de red próxima a un gestor de matriz porque implementan el encolamiento de salida necesario para el conmutador. El TM 20 realiza el encolamiento de paquetes, típicamente realizado en la tarjeta de ingreso 1 con las Colas de Salida Virtuales (VOQ) próximas a un cableado posterior. Alternativamente, el TM y el FM se podrían integrar en un dispositivo. El TM 20 es a menudo un contribuyente principal a la disipación de potencia total de un subsistema de conmutación. Una razón es que los gestores de tráfico requieren grandes cantidades de memoria 21 para almacenar los paquetes de datos. La memoria 21 puede incluir la memoria integrada así como el soporte para las memorias externas de alta velocidad. Otra razón es el elevado número de transceptores para los interfaces multicamino hacia el procesador de red y la matriz de conmutación.

El TM 20 además comprende un gestor de recursos 23 configurado para ajustar los recursos de procesamiento de paquetes del TM 20 en base a la tasa de tráfico determinada por el medidor de tráfico 12.

Por ejemplo, el gestor de recursos 23 del dispositivo gestor de tráfico comprende un controlador de memoria 23a para desactivar temporalmente algunos de los módulos de memoria paralelo 22 dependiente de la carga de tráfico para reducir el consumo de potencia del TM 20 y comprende un controlador de interfaz 23b para desactivar los caminos particulares de los interfaces de transmisión hacia el NP y/o el FM.

El TM comprende componentes adicionales (no se muestran) tales como un gestor de colas que mantiene las colas de tráfico, que son punteros a los datos de paquetes almacenados en una memoria externa. Una cola separada se

puede mantener para cada clase de tráfico o flujo de tráfico. No obstante, en contraste con el NP 10, el TM 20 típicamente no tiene capacidades de medición, según esto aumentaría normalmente la latencia y complejidad del subsistema de conmutación por paquetes. La Fig. 8 muestra una arquitectura ejemplar de un gestor de tráfico.

5 La descripción del NP 10 y TM 20 se da a modo de ejemplo. Los NP y el TM pueden variar en el diseño y las funciones que se implementan. Adicionalmente, algunas de las funciones del NP se pueden implementar dentro del TM y viceversa.

La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo de los pasos implicados en una reducción de la potencia dependiente de la carga de tráfico en un sistema de conmutación por paquetes de acuerdo con una realización de la invención.

10 En el paso 100, un almacenamiento temporal de preclasificación 11 de los paquetes de datos entrantes de los almacenamientos temporales del NP 10 para gestionar la sobresuscripción del interfaz, para filtrar las ráfagas y, como se establece en adelante en el paso S110, determinar la longitud del paquete para los paquetes de datos de entrada. La longitud del paquete se usa para la medición posterior, y para cumplir la Calidad de Servicio (QoS) antes de que los paquetes entren en la canalización de procesamiento –potencialmente congestionada–, es decir, el grupo de elementos de procesamiento 13. Habiendo pasado el almacenamiento temporal de sobresuscripción / preclasificación 11, un medidor de tráfico 12 determina la tasa de tráfico de los paquetes de datos entrantes en el paso S120. Por ejemplo, la tasa de tráfico se puede determinar midiendo la tasa de información y la tasa de ráfagas resultante del flujo de tráfico (formado). Estas tasas medidas se usan para limitar la tasa de tráfico en la canalización de los elementos de procesamiento y también se usará para el mecanismo de reducción de potencia posterior. Dependiendo de la complejidad del TM de enlace descendente 20, la tasa de tráfico se puede medir para cada flujo de paquetes o para el ancho de banda de paquetes agregado. La transmisión de la información de la carga de trabajo desde el NP al TM se logra pretratando un campo de cabecera de medida de la “Tasa Esperada” adicional para los paquetes ya procesados en el paso S130, mientras que los paquetes para los cuales la tasa de tráfico se ha medido están siendo procesados todavía en los elementos de procesamiento de los NP 13. En el paso 140, la tasa de tráfico determinada se transmite entonces desde el NP 10 al TM 20 en un momento previo al momento en que se transmiten los paquetes de datos procesados para los que se ha determinado la tasa de tráfico al TM 20.

25 Esto asegura que la información de la carga de tráfico viaje por delante de los datos reales en el camino de transmisión. Los medios para transferir y evaluar la información de medición de la carga no se limitan a la transmisión en banda, sino que pueden también ocurrir fuera de banda, directamente, o mediante la observación indirecta de otras instalaciones. Alternativamente, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente puede transmitir la tasa de tráfico que usa un paquete de datos o mensaje de control separado.

30 La Fig. 4 ilustra un ejemplo de un paquete de datos 40 donde un campo de cabecera de la “Tasa Esperada” adicional 41 que comprende la información de la tasa de tráfico determinada se añadió de acuerdo con una realización de la invención. Además de la cabecera de la “Tasa Esperada”, el paquete de datos 40 comprende metainformación interna adicional dado que el NP 10 está tomando la decisión de envío para los paquetes de entrada y selecciona la cola correcta para el TM 20, que típicamente requiere una cabecera adicional al frente de cada paquete. La cabecera modificada del tráfico de datos entrante permite al gestor de tráfico 20 priorizar y decidir qué paquetes se deberían caer y retransmitir, cuando los paquetes se deberían enviar a la matriz de conmutación 30, y cómo se debería formar el tráfico cuando se envía en la red.

40 En particular, la tasa de tráfico transmitida representa una previsión del tráfico para el TM 20 según se transmite la información de la tasa de tráfico por delante de los paquetes de datos para los cuales se ha determinado y mientras que estos paquetes de datos todavía se están procesando por los elementos de procesamiento 13 del NP 10 en el paso S145 de la Fig. 3. El gestor de recursos 23 del TM 20 analiza en el paso 150 la tasa de tráfico transmitida para determinar los recursos de procesamiento requeridos. En el paso S160, el gestor de recursos 23 ajusta entonces sus recursos de procesamiento de paquetes disponibles en base a la tasa de tráfico recibida. Por ejemplo, los bancos de memoria paralelo 21, los caminos del interfaz 4, los bucles de canalización u otros elementos de procesamiento se pueden cerrar (parcialmente) en dependencia de la carga de tráfico.

45 Después de que los paquetes de datos se han procesado en el NP 10 en el paso 145, los paquetes de datos se transmiten al TM 20 en el paso 170 donde se procesan los paquetes de datos en el paso 180, en donde el TM tiene ya ajustados sus recursos de procesamiento para los paquetes de datos entrantes, evitando por ello capacidades de reserva innecesarias e incrementando su eficiencia de potencia. Los tiempos de latencia típicos para el procesamiento de paquetes en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente están en el orden de 100 μ s, alcanzando algunas veces varios ms, mientras que los tiempos de activación para los circuitos de revivido de la potencia reside en los sub- μ s para los circuitos de menor nivel y en el orden de 10 μ s y por encima para bloques lógicos más grandes, tales como los módulos de memoria. Si la latencia del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente para el procesamiento de paquetes es mayor que el tiempo de activación/ desactivación para los circuitos de revivido de la potencia en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente, entonces la transmisión de la información de la tasa de tráfico proporcionará suficiente tiempo para ajustar los recursos de procesamiento de paquetes en el dispositivo de enlace descendente si la tasa de tráfico se transmite antes de que los paquetes de datos, para los cuales se ha determinado la tasa de tráfico, se procesen en el NP.

Cualesquiera de los pasos S130, 140, 150 o S160 se pueden conducir antes o en paralelo al paso S145 en tanto en cuanto la diferencia de tiempo entre la transmisión de la tasa de tráfico y la transmisión de los paquetes de datos correspondientes proporcionen suficiente tiempo para que el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente ajuste sus recursos en base a la información de la tasa de tráfico transmitida.

- 5 Es una ventaja adicional que el TM 20, usando la información de la tasa de tráfico medida en el NP 10, no requiera ninguna capacidad de caracterización de paquetes compleja para ajustar sus recursos de procesamiento.

10 La Fig. 5 ilustra un almacenamiento temporal de paquetes de un gestor de tráfico que comprende un controlador de memoria y un número de unidades de memoria paralelo. Debido a las limitaciones de rendimiento de la memoria, la memoria de almacenamiento temporal de los paquetes 21 se realiza usando un número de “bancos” paralelos y un controlador de memoria. Incluso si se usan las últimas SDRAM DDR3 de 800 MHz para los módulos de memoria de un almacenamiento temporal de paquetes de 100 Gb/s, es necesaria típicamente una distribución de datos de paquetes a través de 10-20 bancos para lograr el flujo de datos deseado. Este número y la disipación de potencia resultante incluso aumentarán para los equipos de nueva generación. Los módulos de memoria paralelo se controlan por un controlador de memoria que activa o desactiva los bancos de memoria en base a los valores de la tasa de tráfico transmitidos. El controlador de memoria realiza de esta manera la función del gestor de recursos.

15 El gestor de recursos 23 puede incluir una máquina de estado que cambia un estado de los recursos de procesamiento de paquetes en base a la tasa de tráfico recibida. Por ejemplo, la máquina de estado puede definir un número de intervalos de la tasa de tráfico definido por un valor límite inferior y superior de la tasa de tráfico recibida por ejemplo, en base a los valores de la tasa de información y la tasa de ráfagas, determinando los recursos de procesamiento de paquetes requeridos en donde cada intervalo corresponde a un estado de recursos predeterminado del TM 20. El punto en el tiempo que se necesita este estado de recursos se define por la diferencia de tiempo media entre la llegada de la tasa de tráfico transmitida en el TM 20 y la llegada de los paquetes de datos transmitidos para los cuales se ha determinado la tasa de tráfico.

20 La máquina de estado entonces puede asignar a cada intervalo de tasa de tráfico un estado de los recursos de procesamiento, por ejemplo el número de bancos de memoria activos fuera del número total de bancos de memoria paralelo. Si el valor de la tasa de tráfico está dentro de un intervalo de tasa de tráfico predeterminado entonces la máquina de estado inicia una transición al estado correspondiente a este intervalo. El sistema de conmutación de paquetes de acuerdo con la invención se configura para proporcionar la información de la tasa de tráfico en el TM 20 antes de que los datos reales para los cuales se ha medido la tasa de tráfico en donde la diferencia de tiempo entre la transmisión de la tasa de tráfico y la transmisión de los paquetes de datos procesados correspondientes a la tasa de tráfico es al menos el tiempo necesario para activar o desactivar los recursos de procesamiento de datos adaptativo del dispositivo TM.

25 La Fig. 6 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de conmutación por paquetes de alta velocidad que comprende una pluralidad de procesadores de red 10 como los dispositivos de procesamiento de paquetes de enlace ascendente, una pluralidad de gestores de tráfico 20 como los primeros dispositivos de procesamiento de paquetes de enlace descendente y una matriz de conmutación 30 como el segundo dispositivo de procesamiento de paquetes con entidades de conmutación 32 de acuerdo con otra realización de la invención. Los dispositivos de conmutación 32 son conectados cruzados a la pluralidad de gestores de tráfico paralelo 20. De acuerdo con esta realización, la información de la tasa de tráfico o la información de la medición de carga se transmite y usa según el flujo de transmisión completo a través de un sistema de conmutación por paquetes para adaptar el rendimiento de la transmisión a la demanda real, que permite una reducción de potencia a lo ancho del sistema, adicional en los recursos de transmisión no usados.

30 De acuerdo con la realización, se puede activar o desactivar un subconjunto de los múltiples caminos de transmisión entre el gestor de tráfico y el procesador de red por un controlador de interfaz en dependencia del agregado del ancho de banda de paquetes en el gestor del tráfico.

35 De acuerdo con otra realización, se puede apagar un subconjunto de los múltiples caminos de transmisión, que inician el enlace descendente del gestor de tráfico, y que lo conectan con una matriz de conmutación (centralizada), de acuerdo con el agregado real del ancho de banda de paquetes en la matriz de conmutación central. Típicamente, la matriz de conmutación por paquetes se compone de un grupo de dispositivos en conexión cruzada de pequeño tamaño, y el tráfico de entrada desde un dispositivo de terminación de línea (tarjeta de línea de procesamiento de paquetes) se balancea la carga a través del grupo. Desactivando el subconjunto de los múltiples caminos de una manera orquestada en todas las tarjetas de línea, las partes del grupo centralizado de los componentes de conmutación, finalmente dispositivo por dispositivo se pueden apagar dinámicamente de manera completa.

40 Los gestores del tráfico 20, como los primeros dispositivos de enlace descendente, evalúan la información de medición de la carga transferida con la cabecera de los paquetes desde los NP 10. La regulación de las máquinas de estado de los TM 20 desactiva a continuación los bancos de memoria 23 y/o los enlaces de transmisión 52. El gestor de recursos 31 de la matriz de conmutación central observa los estados de los enlaces adjuntos a las entidades de conmutación, y apaga automáticamente los dispositivos, una vez que todos los enlaces de por ejemplo un dispositivo están desactivados. Alternativamente, los dispositivos de conmutación 32 en conexión cruzada a la

pluralidad de gestores de tráfico paralelo 20 se pueden configurar para ser apagados automáticamente si están desactivados todos los enlaces de un dispositivo de conmutación a un gestor de tráfico de enlace ascendente.

De acuerdo con una realización adicional, el gestor de recursos 31 del dispositivo de matriz de conmutación 30 se configura para recibir todas las tasas de tráfico transmitidas desde la pluralidad de procesadores de red 10 a la matriz de conmutación a través de los gestores de tráfico 20 y gestiona los recursos de procesamiento de paquetes de la matriz de conmutación en base a una información de la tasa de tráfico agregada determinada desde todas las tasas de tráfico recibidas. Agregando todos los valores de la tasa de tráfico de entrada, el gestor de recursos 31 puede determinar la carga de tráfico para la matriz de conmutación entera y ajustar el número de recursos de procesamiento activos para aumentar su eficiencia energética. Por ejemplo, el gestor de recursos 31 puede ajustar los recursos de procesamiento de paquetes disponibles apagando parcialmente los elementos de procesamiento de paquetes paralelo para reducir la disipación de potencia estática y / o bloqueando el reloj de los recursos de procesamiento de paquetes para reducir la disipación de potencia dinámica.

El método y sistema de conmutación por paquetes de acuerdo con la invención es más eficiente energéticamente si los dispositivos de procesamiento de paquetes están configurados para usar la información de la tasa de tráfico recibida para balancear la carga del procesamiento de datos a través de las unidades de procesamiento disponibles en un modo que minimice el número de recursos de procesamiento utilizados, o en otras palabras, para maximizar el número de recursos de procesamiento inactivos, por ejemplo, los bancos de memoria o enlaces de transmisión. Por ejemplo, en lugar de operar los componentes de procesamiento en un 50% de carga, es beneficioso operar la mitad de las unidades de procesamiento en un 100% de carga y apagar la otra mitad de las unidades de procesamiento si no se necesitarán como se indica por la previsión de tráfico transmitido. Preferentemente, el gestor de recursos de un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente se configura para distribuir la carga de tráfico a través de un recurso de procesamiento de paquetes con las unidades de procesamiento paralelo minimizando el número de unidades de procesamiento de paquetes paralelo utilizadas. Distribuyendo la carga a través de tan pocas unidades de procesamiento paralelo como sea posible en lugar de distribuir uniformemente los paquetes de datos a través de los recursos de procesamiento de paquetes paralelo disponibles, el apagado de los recursos de procesamiento de paquetes no usados en base al valor de la tasa de tráfico recibido será más rápido y el número de recursos que se pueden apagar aumentará. Como se indicó en la Fig. 6, el gestor de recursos 23 de los TM se configura para distribuir los paquetes de datos a tan pocos módulos de memoria 21 y líneas de transmisión 51 como sea posible. Los módulos de memoria 22 y las líneas de transmisión 52 no se sirven por el gestor de recursos 23 en tanto en cuanto la carga de tráfico es menor que la capacidad de procesamiento de los módulos de memoria 21 y las líneas de transmisión 51. Analizando la información de la tasa de tráfico recibida, el gestor de recursos 23 puede determinar si las unidades de procesamiento inactivas 22 y 52 se pueden apagar para ahorrar consumo de energía. Sin una estimación disponible sobre la carga de tráfico futura, las unidades de procesamiento inactivas no se pueden alimentar tan fácilmente debido a la naturaleza impredecible de la carga de tráfico y el tiempo necesario para desactivar y reactivar un recurso de procesamiento. La distribución de la carga de tráfico a través de unos pocos recursos de procesamiento utilizados completamente también facilita la gestión de recursos de los dispositivos de procesamiento de paquetes de enlace descendente posteriores. Por ejemplo, el dispositivo de conmutación en conexión cruzada inferior 32 se puede desconectar más fácilmente y más rápido si los TM 20 que transmiten los paquetes de datos a la matriz de conmutación 30 se configuran para distribuir sus paquetes primero a las líneas de transmisión más altas 51 y usar solamente las líneas de transmisión inferiores 52 si las líneas de transmisión más altas están completamente utilizadas.

La Fig. 7 muestra una arquitectura ejemplar de un procesador de red (NP) adecuado para una implementación de una realización de la invención. El NP de acuerdo a esta invención comprende un procesador de paquetes de datos (es decir, las unidades del generador de paquetes) y los medios para la transmisión de la indicación de la tasa de tráfico determinada y el paquete de datos procesado a un gestor de tráfico que se implementa dentro del procesador de control y el interfaz al gestor de tráfico. El NP además comprende una unidad de medición de tráfico (no se muestra).

La Fig. 8 ilustra una arquitectura ejemplar de un gestor de tráfico TM 20 adecuado para una implementación de una realización de la invención. Por ejemplo, el gestor de recursos de acuerdo con la invención se podría implementar por el controlador de memoria y/ o el controlador de interfaz del NP. El gestor de recursos se configura típicamente usando pastillas programables o componentes físicos.

Los rasgos, componentes y detalles específicos de las estructuras de las realizaciones descritas anteriormente se pueden intercambiar o combinar para formar realizaciones adicionales optimizadas para la aplicación respectiva. En cuanto esas modificaciones sean evidentes para un experto en la técnica se revelarán implícitamente por la descripción anterior sin especificar explícitamente cada posible combinación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de reducción del consumo de potencia un sistema de conmutación por paquetes que tiene un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente de una troncal de red y un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de una troncal de red que comprende capacidades de procesamiento de paquetes paralelo, el método que comprende:
- 10 - determinar una tasa de tráfico para los paquetes de datos entrantes en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente;
- 15 - procesar los paquetes de datos entrantes;
- 20 - transmitir una indicación de la tasa de tráfico determinada desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en un momento previo al momento que se transmiten los paquetes de datos procesados para los cuales ha sido determinada la tasa de tráfico para el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente;
- 25 - apagar o encender adaptativamente los recursos de procesamiento de paquetes paralelos disponibles en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en base a la indicación de la tasa de tráfico recibida; y
- 30 - transmitir los paquetes de datos procesados desde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente.
- 35 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cuando se transmite la indicación de la tasa de tráfico, el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente añade un campo de cabecera que comprende la tasa de tráfico determinada para los paquetes de datos entrantes que todavía están siendo procesados en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente a al menos un paquete de datos ya procesado por el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente.
- 40 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la diferencia de tiempo entre la transmisión de la indicación de la tasa de tráfico y la transmisión de los paquetes de datos procesados correspondientes a la tasa de tráfico es al menos el tiempo necesario para activar o desactivar un recurso de procesamiento de paquetes del dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente.
- 45 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la tasa de tráfico se determina determinando un valor de la tasa de información y/ o un valor de la tasa de ráfagas para los paquetes de datos entrantes.
- 50 5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el valor de la tasa de información y/ o el valor de la tasa de ráfagas se determina separadamente para cada flujo de paquetes entrantes.
- 55 6. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el valor de la tasa de información y/ o el valor de la tasa de ráfagas se determina para un ancho de banda de paquetes agregado.
- 60 7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende la distribución de carga de los paquetes de datos a través de un recurso de procesamiento de paquetes con unidades de procesamiento paralelo en donde se minimiza el número de unidades de procesamiento de paquetes paralelas.
- 65 8. Un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de una troncal de red que comprende:
- 70 - medios para recibir una indicación transmitida para una tasa de tráfico determinada en un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente en un momento previo al momento que se reciben los paquetes de datos procesados para el cual se ha determinado la tasa de tráfico en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente; y
- 75 - un gestor de recursos (23) configurado para encender y apagar adaptativamente los recursos de procesamiento de paquetes paralelos en el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente en base al indicador de la tasa de tráfico recibida.
- 80 9. El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente es un gestor de tráfico (20) de una troncal de red que comprende:
- 85 - las capacidades de procesamiento paralelo configuradas para implementar el tráfico
- 90 - la gestión, encolamiento, segmentación y reensamblado de los paquetes de datos, y
- 95 - la gestión del interfaz para una matriz de conmutación y un procesador de red,
- en donde el gestor de tráfico (20) se conecta a través de un interfaz de transmisión multienlace al dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace ascendente; y en donde el gestor de recursos (23) comprende una máquina

de estado que cambia un estado de los recursos de procesamiento de paquetes en base a la indicación de la tasa de tráfico recibida.

- 5 **10.** El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con la reivindicación 9, en donde los elementos de procesamiento paralelo del gestor de tráfico que se gestionan en base a la indicación de la tasa de tráfico recibida son bancos de memoria en paralelo (21) y/o bucles de canalización y/o múltiples caminos de transmisión del interfaz hacia un procesador de red.
- 10 **11.** El dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente es una matriz de conmutación (30) de una troncal de red que comprende múltiples dispositivos de conmutación (32) en conexión cruzada con una pluralidad de gestores de tráfico paralelo (20), y en donde el gestor de recursos (31) de la matriz de conmutación (30) se configura para recibir las tasas de tráfico transmitidas desde una pluralidad de procesadores de red (10) a la
- 15 matriz de conmutación (30) y gestiona los recursos de procesamiento de paquetes de la matriz de conmutación (30) en base a una información de la tasa de tráfico agregada determinada a partir de las indicaciones de la tasa de tráfico recibidas.
- 20 **12.** El dispositivo de matriz de conmutación (32) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde un dispositivo de conmutación en conexión cruzada de la matriz de conmutación se configura para ser desactivado si todos los enlaces de transmisión (52) que conectan el dispositivo de conmutación (32) con una pluralidad de gestores de tráfico (20) se han desactivado por los gestores de tráfico (20) en base a las indicaciones de la tasa de tráfico recibidas en los gestores de tráfico (20).
- 25 **13.** Un sistema de conmutación de paquetes que tiene un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con la reivindicación 9 y un dispositivo de procesamiento de paquetes de enlace descendente de acuerdo con la reivindicación 11.

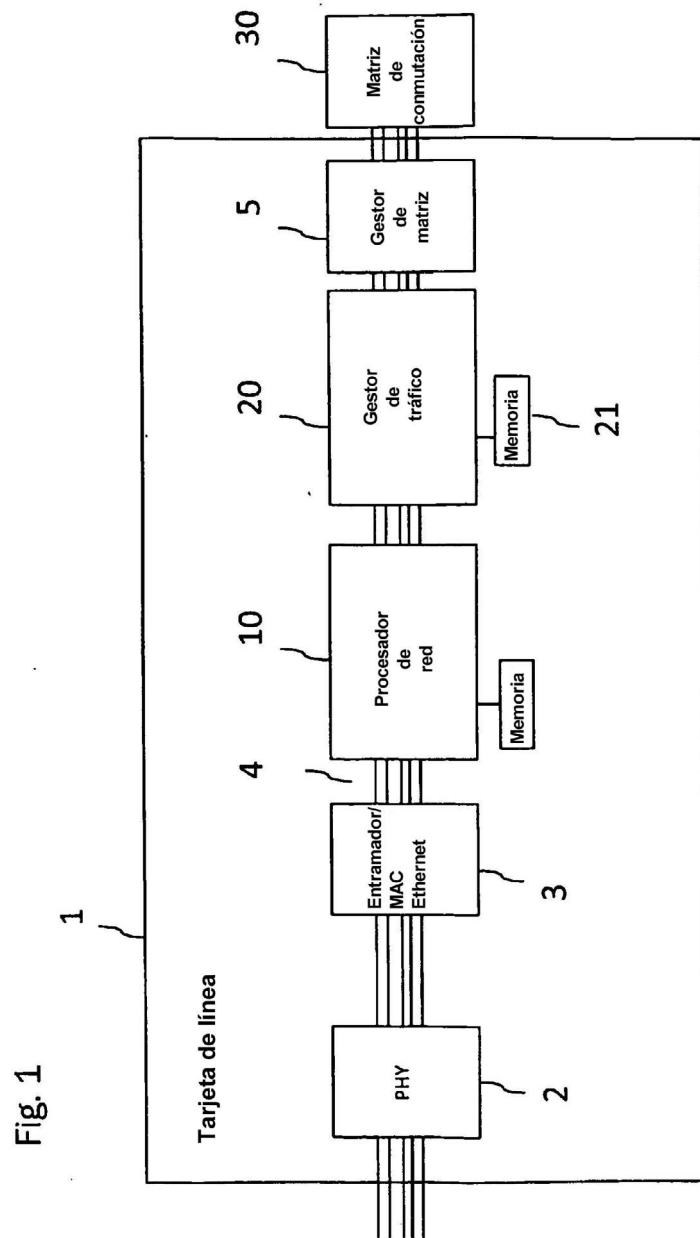
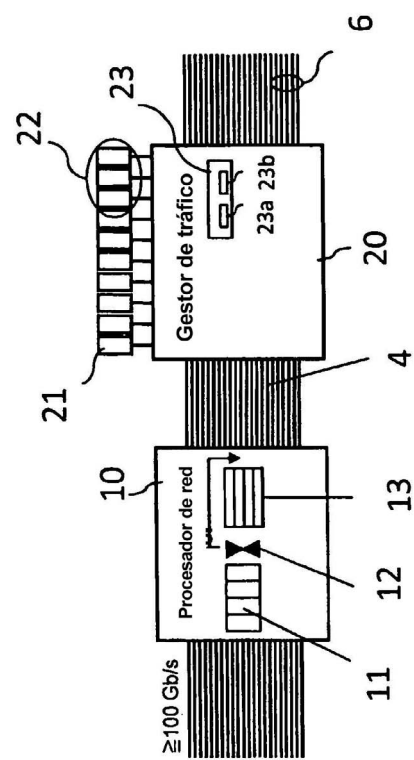


Fig. 2



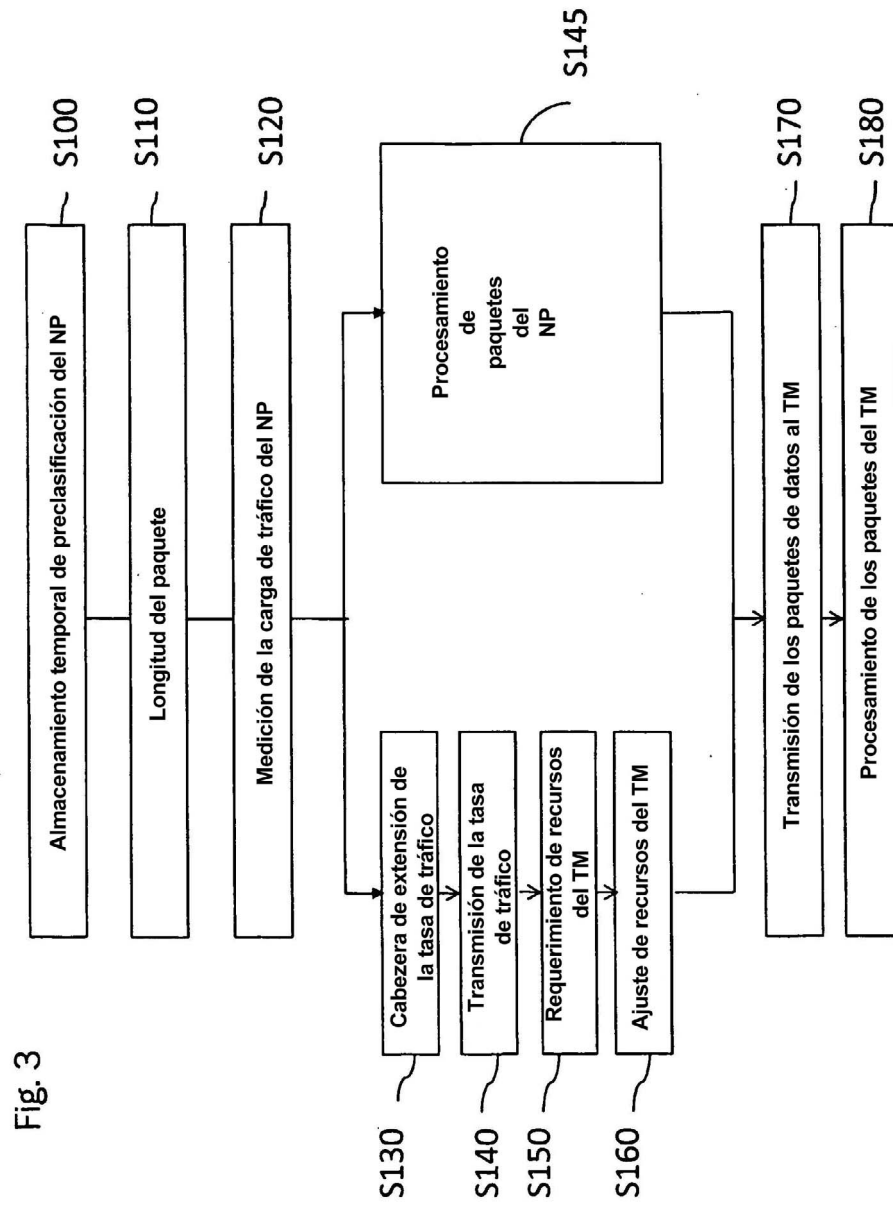


Fig. 4

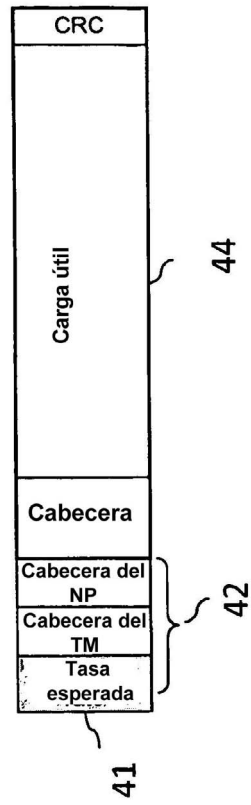


Fig. 5

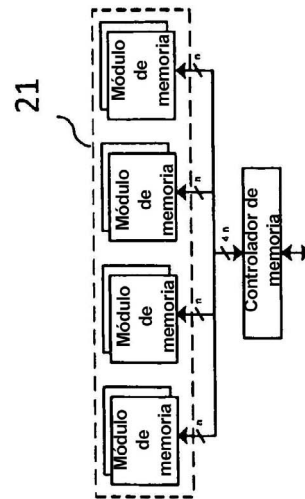


Fig. 6

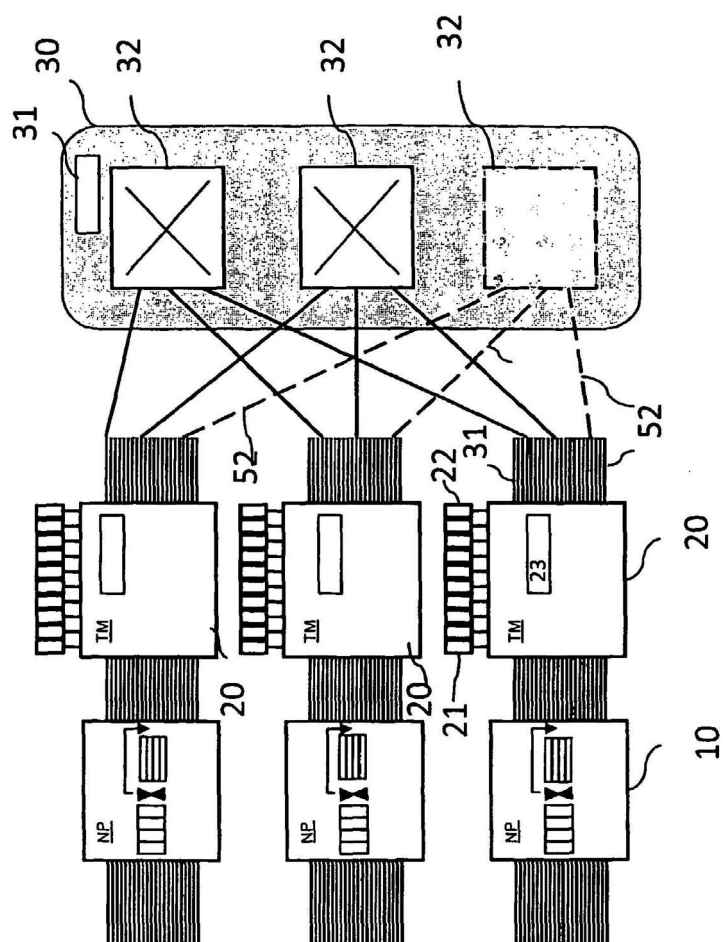


Fig. 7

