

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 737**

51 Int. Cl.:

H04L 12/12 (2006.01)
H04L 12/24 (2006.01)
H04W 52/02 (2009.01)
H04W 24/02 (2009.01)
H04W 28/16 (2009.01)
H04W 72/04 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2011** E 11305992 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018** EP 2552051

54 Título: **Gestión del consumo de potencia en una red de comunicación de radio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.02.2019

73 Titular/es:

ALCATEL LUCENT (100.0%)
Site Nokia Paris Saclay, Route de Villejust
91620 Nozay, FR

72 Inventor/es:

FRECASSETTI, MARIO GIOVANNI;
GALBIATI, PAOLO y
MIRELLI GIACOMO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 700 737 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

Gestión del consumo de potencia en una red de comunicación de radio

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere, en general, al campo de las redes de comunicación de radio. En particular, la presente invención se refiere a la gestión del consumo de potencia en una red de comunicación de radio.

10 **Antecedentes de la técnica**

Una red de comunicación de radio comprende normalmente una pluralidad de nodos conectados por enlaces de radio. Dos nodos de la red de comunicación de radio intercambian información en la forma de un flujo de datos (generalmente en forma de un flujo de bits) que modula una señal de radio. El número de bits transmitidos en la unidad de tiempo a través de un enlace de radio se conoce normalmente como la "velocidad de transmisión de datos" o "capacidad de transmisión de datos" o simplemente "capacidad" del enlace de radio. Diferentes esquemas de modulación y codificación son capaces de lograr diferentes capacidades.

Normalmente, la señal de radio se ve afectada por las condiciones de propagación a lo largo del enlace de radio. Por ejemplo, las condiciones de propagación en el enlace de radio dependen de las condiciones climáticas, la presencia/ausencia de interferencias, la presencia/ausencia de rutas múltiples, etc. Las condiciones de propagación adversas (es decir, mal tiempo, presencia de interferencias, presencia de rutas múltiples) pueden hacer que la señal de radio se atenúe o desaparezca. En esta situación, es posible que el receptor no recupere correctamente el flujo de datos de la señal recibida y, en consecuencia, la tasa de error de bits (BER) del flujo de datos aumente consecuentemente.

Como se conoce, con el fin de enfrentarse a la atenuación o el desvanecimiento de la señal de radio debido a las condiciones de propagación adversas, puede usarse la denominada técnica de modulación de codificación adaptativa (ACM). De acuerdo con la ACM, la modulación y la codificación de una señal de radio varían dinámicamente de acuerdo con las condiciones de propagación del enlace de radio usado para transmitir la señal de radio.

En particular, de acuerdo con la ACM, el transmisor recibe normalmente desde el receptor una señal de control que indica las condiciones del enlace de radio, y de acuerdo con esta señal de control modifica dinámicamente la modulación y/o la codificación de la señal de radio.

Cuando las condiciones de propagación del enlace de radio son buenas (por ejemplo, cuando las condiciones meteorológicas son buenas y las interferencias están ausentes), se usan en general esquemas de modulación y de codificación con la capacidad de transmisión de datos más alta disponible. Ejemplos típicos de tales esquemas son 16-QAM, 64-QAM o 256-QAM (modulación de amplitud en cuadratura). De hecho, cuanto mayor sea el número de puntos o símbolos de constelación para un esquema de modulación dado, mayor será el número de bits por símbolo transportado por la señal y, por lo tanto, mayor será la capacidad de transmisión de datos, a expensas de una menor inmunidad al ruido. Por el contrario, si las condiciones de propagación del enlace de radio empeoran (por ejemplo, cuando hay niebla, lluvia o nieve en el enlace de radio), en general se usa un esquema de modulación y de codificación con una mayor inmunidad al ruido y una menor capacidad, por ejemplo, 4-QAM.

Recientemente, se ha elevado la necesidad de diseñar redes de comunicación de radio con un consumo de potencia controlada y posiblemente minimizado. Esta necesidad se impulsa, por un lado, por la preocupación cada vez más emergente sobre el impacto ambiental de las instalaciones de comunicación y, por otro lado, por el objetivo de reducir costes.

En el campo de las redes de comunicación de radio, una técnica conocida que permite reducir la potencia transmitida por un nodo de red es el llamado control automático de potencia de transmisor (ATPC). Dicha técnica proporciona el ajuste de la potencia de salida en el extremo de transmisión de un enlace de radio monitorizando la potencia de la señal detectada en el extremo de recepción del enlace.

De acuerdo con la técnica de ATPC, cuando la señal se propaga en el enlace de radio en buenas condiciones, por ejemplo, buen tiempo, la potencia de salida del transmisor se mantiene a un valor que es normalmente más bajo que su valor máximo. Cuando surge la atenuación o el desvanecimiento y la señal recibida cae por debajo de un cierto umbral, conduciendo de este modo a errores en la comunicación, el ATPC permite aumentar la potencia de salida del transmisor hasta un valor máximo, con el fin de garantizar que la señal recibida esté por encima del umbral que garantiza una tasa de error de bits aceptable.

El documento WO 2009034089 se refiere a unos procedimientos y aparatos para reducir el consumo de energía del terminal móvil durante las transmisiones de datos asignando recursos de enlace y adaptando los parámetros de enlace de una manera consciente de la energía, basándose en los requisitos de rendimiento y en las condiciones de

canal vigentes. Una combinación de parámetros de transmisión que incluye un esquema de canalización de transmisión y está diseñada para minimizar la energía total consumida durante la transmisión de datos se selecciona en función de un requisito de rendimiento y una o más condiciones de canal asociadas con la transmisión de datos. El esquema de canalización incluye una serie de subcanales a usar y parámetros de configuración de subcanal para cada subcanal, tal como códigos de distribución, factores de distribución y niveles de potencia de subcanal. La combinación de los parámetros de transmisión también puede incluir un formato de modulación, un esquema de codificación y un ajuste de potencia de transmisión, así como parámetros relacionados con los esquemas de transmisión de múltiples antenas.

El documento US 20090068969 se refiere a unos procedimientos y aparatos para operar un dispositivo de comunicaciones inalámbricas multimodo para seleccionar una tecnología de acceso de radio (RAT) que requiere el menor consumo de energía por el dispositivo para un modo de operación deseado. Un método a modo de ejemplo comprende escanear una pluralidad de bandas de frecuencia para determinar un conjunto de tecnologías de acceso de radio disponibles que admiten el modo de operación deseado, y evaluar, para cada RAT disponible, los parámetros de sistema específicos de RAT y las condiciones de operación específicas de RAT. En función de la evaluación, se selecciona la RAT que requiere el menor consumo de energía del dispositivo inalámbrico para el modo de operación deseado.

El documento EP 1521398 se refiere a un método para gestionar la operación de un sistema de telecomunicaciones, y la minimización de la energía a descargar de una fuente de alimentación, que comprende las etapas de determinar una restricción de velocidad, determinar las condiciones del entorno de telecomunicaciones, seleccionar un punto de trabajo por resolver un problema de optimización, tener en cuenta la restricción de velocidad y las condiciones del entorno de telecomunicaciones, y dado para un conjunto discreto de las condiciones del entorno de telecomunicaciones una pluralidad de puntos de trabajo predeterminados, y operar el sistema de telecomunicaciones en el punto de trabajo seleccionado ajustando los parámetros de control correspondientes.

El documento US 2010011230 desvela configuraciones y técnicas para determinar, mediante la lógica de la agregación de enlaces, si una carga del tráfico de red comunicada a través de un equipo de enlaces agregados permite la inactivación de uno o más enlaces agregados del equipo, en el que el equipo de enlaces agregados se acopla con una pluralidad de tarjetas de interfaz de red (NIC). Al determinar que la carga del tráfico de red comunicada a través del equipo de enlaces agregados permite la inactivación de uno o más enlaces agregados del equipo, la lógica de agregación de enlaces se configura para apagar o colocar en un modo de ahorro de energía una o más NIC de la pluralidad de NIC correspondientes a uno o más enlaces agregados.

El documento EP 135768 se refiere a un sistema de comunicaciones móvil inalámbrico controlable en potencia que emplea un esquema de modulación adaptativa y de codificación y un método para el mismo, y más específicamente, a un aparato que controla la potencia de salida de una estación móvil en un sistema de comunicaciones móviles que emplea un esquema de modulación adaptativa y de codificación usando una relación señal-ruido (SNR) extraída de una señal de retroceso que se transmite desde la estación móvil a una estación base y un método para el mismo.

El documento US 20070094527 se refiere a un método para determinar el consumo total de energía eléctrica de una red de IT gestionada que incluye unos dispositivos de red que tienen una dirección de gestión direccionable. Se ejecuta una herramienta de detección automática para descubrir los dispositivos de red de la red de TI gestionada. Las solicitudes de gestión se dirigen a las direcciones de gestión direccionables de los dispositivos de red para obtener los valores de consumo de potencia eléctrica de los dispositivos de red. Los valores de consumo de potencia eléctrica devueltos por los dispositivos de red se recopilan de manera centralizada, y el consumo total de energía eléctrica de la red de TI gestionada se calcula sumando los valores de consumo de potencia eléctrica de los dispositivos de red.

Sumario de la invención

En una red de comunicación de radio que implementa la técnica de ACM, cuando las condiciones de propagación son buenas, se usan generalmente los esquemas de modulación y de codificación que alcanzan la capacidad más alta (es decir, los esquemas de modulación que comprenden el mayor número de puntos de constelación) y se explota la capacidad disponible total de los enlaces de radio. El consumo de potencia de la red está directamente relacionado con el esquema de modulación usado, es decir, aumenta a medida que aumenta el número de puntos de constelación. En consecuencia, en buenas condiciones de propagación, se alcanza el consumo máximo de potencia.

Sin embargo, en la mayoría de situaciones, esto puede resultar en un exceso de aprovisionamiento de la capacidad de los enlaces de radio en comparación con la cantidad real de datos intercambiados entre los nodos de la red de radio. Por lo tanto, de manera desventajosa, tanto la capacidad de los enlaces como la potencia pueden desperdiciarse innecesariamente.

Incluso si se implementa la técnica de ATPC dentro de la red de comunicación de radio junto con la técnica de ACM, la reducción/aumento de la potencia del transmisor de acuerdo con ATPC se activa solo por el nivel de la señal

detectada en el receptor, y por consiguiente la cantidad real de datos a transmitir a través del enlace de radio no se tiene en cuenta. De manera desventajosa, esto puede conducir a una explotación no eficaz de la capacidad de los enlaces y a un consumo de potencia no optimizado.

5 En consecuencia, los inventores han abordado el problema de proporcionar un método para gestionar el consumo de potencia en una red de comunicación de radio, lo que permite optimizar el consumo de potencia y, al mismo tiempo, explotar eficientemente la capacidad de los enlaces de radio de red.

10 De acuerdo con un primer aspecto, las realizaciones de la presente invención proporcionan un método para gestionar el consumo de potencia de una red de comunicación de radio, comprendiendo la red de comunicación de radio al menos dos nodos y una ruta de conexión para conectar los al menos dos nodos bajo las condiciones de propagación de la ruta de conexión, comprendiendo el método:

- 15 a) determinar un conjunto de estados de la ruta de conexión, en el que la ruta de conexión, en cada estado, tiene una capacidad de estado y un consumo de potencia de estado;
- b) tras la recepción de una solicitud relacionada con el tráfico transportado en la ruta de conexión, seleccionar un estado que tenga un consumo de potencia de estado mínimo dentro del conjunto de estados, teniendo el estado seleccionado una capacidad de estado mayor o igual que una capacidad asociada al tráfico y que coincide con las condiciones de propagación de la ruta de conexión; y
- 20 c) operar los nodos con el fin de llevar la ruta de conexión al estado seleccionado.

25 En la siguiente descripción y en las reivindicaciones, la expresión "condiciones de propagación" indicará las condiciones en las que la propagación de una señal de radio tiene lugar sobre un enlace de radio. Las condiciones de propagación comprenden una o más de entre: las condiciones climáticas en el enlace de radio, la presencia/ausencia de interferencias, la presencia/ausencia de múltiples rutas, etc.

Además, la expresión "un estado que coincide con las condiciones de propagación de la ruta de conexión" se entiende en el sentido de que, cuando se lleva la ruta de conexión (es decir, se opera de acuerdo con) a tal estado, cada enlace de radio de la ruta de conexión tiene una configuración dada, es decir, un estado operativo dado (ENCENDIDO/APAGADO), un esquema de modulación dado, un esquema de codificación dado, etc., de tal manera que se garantice una transmisión de datos confiable a lo largo de la ruta de conexión bajo esas condiciones de propagación. Además, el estado seleccionado tiene una capacidad de estado mínima entre los estados que tienen una capacidad de estado mayor o igual que la capacidad asociada al tráfico.

35 Preferentemente, cada estado del conjunto de estados de la ruta de conexión es indicativo de una configuración posible de uno o más enlaces comprendidos en la ruta de conexión, comprendiendo la configuración posible, para cada uno de los uno o más enlaces, uno o más de entre:

- un estado operativo de ENCENDIDO-APAGADO del enlace;
- 40 – un esquema de modulación aplicado para la transmisión de datos a través del enlace;
- un esquema de codificación aplicado para la transmisión de datos a través del enlace;
- una velocidad de símbolos aplicada para la transmisión de datos a través del enlace; y
- una serie de portadoras de radiofrecuencia independientes y unas frecuencias de las portadoras de radiofrecuencia usadas para la transmisión de datos a través del enlace.

45 Preferentemente, la solicitud es indicativa de una variación en la capacidad asociada a dicho tráfico.

Preferentemente, la solicitud es indicativa de una variación en las condiciones de propagación.

50 Preferentemente, la solicitud es indicativa de una variación en el consumo de potencia de la ruta de conexión.

Preferentemente, la solicitud es indicativa de un fallo que afecta a la ruta de conexión.

55 Preferentemente, la operación se realiza usando al menos una función de modulación de código adaptativa y/o al menos una función de control de potencia de transmisor automático de los nodos.

60 De acuerdo con un segundo aspecto, las realizaciones de la presente invención proporcionan un producto de programa informático que comprende unas instrucciones ejecutables por ordenador para realizar, cuando el programa se ejecuta en un ordenador, las etapas del método como ha expuesto anteriormente.

65 De acuerdo con un tercer aspecto, las realizaciones de la presente invención proporcionan un gestor de enlaces para una red de comunicación de radio que comprende al menos dos nodos y una ruta de conexión para conectar los al menos dos nodos bajo las condiciones de propagación de la ruta de conexión, estando el gestor de enlaces configurado para:

- determinar un conjunto de estados de dicha ruta de conexión, en el que la ruta de conexión, en cada estado, tiene una capacidad de estado y un consumo de potencia de estado;
- tras la recepción de una solicitud relacionada con el tráfico transportado en la ruta de conexión, seleccionar un estado que tenga un consumo de potencia de estado mínimo dentro del conjunto de estados, teniendo el estado seleccionado una capacidad de estado mayor o igual que una capacidad asociada al tráfico y que coincide con las condiciones de propagación de la ruta de conexión; y
- operar los nodos con el fin de llevar la ruta de conexión al estado seleccionado.

Preferentemente, el gestor de enlaces se implementa en un nodo de la red de comunicación de radio.

Como alternativa, el gestor de enlace se implementa en un aparato conectado a un nodo de la red de comunicación de radio.

De acuerdo con un cuarto aspecto, la presente invención proporciona una red de comunicación de radio que comprende al menos dos nodos y una ruta de conexión para conectar los al menos dos nodos bajo las condiciones de propagación de la ruta de conexión, comprendiendo además la red de comunicación de radio un gestor de enlaces como se ha establecido anteriormente.

Preferentemente, la red de comunicación comprende además un gestor de red configurado para:

- tras la recepción de la solicitud, seleccionar un estado dentro del conjunto de estados, teniendo el estado seleccionado una capacidad de estado mayor o igual que una capacidad asociada al tráfico y que coincide con las condiciones de propagación de la ruta de conexión, siendo el estado seleccionado de tal manera que la red de comunicación consume en su conjunto una potencia mínima; y
- operar los nodos con el fin de llevar la ruta de conexión al estado seleccionado.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se comprenderán mejor mediante la lectura de la siguiente descripción detallada, dada a modo de ejemplo y no de limitación, para leerse haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una red de comunicación a modo de ejemplo;

la figura 2 muestra con más detalle una parte de la red de comunicación de la figura 1, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 3 muestra una tabla de estados relacionada con la ruta de conexión comprendida en la parte de red mostrada en la figura 1; y

la figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra la operación para ajustar y cambiar el estado de la ruta de conexión comprendida en la parte de la red mostrada en la figura 1.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención.

La figura 1 muestra esquemáticamente una red de comunicación de radio CN (en la siguiente memoria descriptiva se hace referencia también como “red de comunicación CN”) adecuada para implementar el método de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La red de comunicación de radio CN comprende un número de nodos de red. Los nodos de la red están interconectados por medio de rutas de conexión, comprendiendo cada ruta de conexión un solo enlace de radio o diversos enlaces de radio paralelos (en adelante, denominados como los “enlaces”). Cada enlace de una ruta de conexión se termina en sus extremos opuestos por un transmisor y un receptor (o por dos transceptores, si el enlace es bidireccional). En la figura 1, en aras de la simplicidad, se muestran cinco nodos N1,... N5 y cinco rutas de conexión Con1,... Con5 que los conectan de acuerdo con una topología parcialmente mallada. En particular, los nodos N1 y N2 están interconectados por medio de una ruta de conexión Con1.

Los nodos de la red de comunicación CN pueden estar configurados para implementar la técnica de modulación de codificación adaptativa (ACM). Preferentemente, los nodos de la red de comunicación CN están configurados para implementar la técnica ACM junto con la técnica de control automático de potencia de transmisor (ATPC).

Además, la red de comunicación CN puede comprender opcionalmente uno o más gestores de enlace y un gestor de red NM que funciona junto con los nodos de la red de comunicación CN.

Cada gestor de enlace está configurado para realizar funciones de gestión a lo largo del enlace(s) de una ruta de conexión de la red de comunicación CN. Para este fin, el gestor de enlaces está configurado para funcionar junto con los nodos de la red de comunicación CN conectados por esa ruta de conexión. La figura 1 muestra, a modo de ejemplo no limitativo, solo un gestor de enlaces LM configurado para realizar funciones de gestión en la ruta de conexión Con1 y, por lo tanto, para funcionar junto con el nodo N1 y el nodo N2. El gestor de enlaces LM puede

implementarse como un aparato independiente conectado a uno cualquiera de los nodos N1, N2. En la figura 1, a modo de ejemplo, el gestor de enlaces LM está conectado al nodo N1. Como alternativa, el gestor de enlaces LM puede estar integrado dentro de uno de los nodos N1, N2, por ejemplo el nodo N1. Como alternativa, la función del gestor de enlaces LM puede distribuirse en ambos nodos N1, N2.

5 El gestor de red NM está adaptado para realizar funciones de gestión a lo largo de los enlaces de todas las rutas de conexión Con1,... Con5 de la red de comunicación CN. Por lo tanto, el gestor de red NM está configurado para funcionar junto con todos los nodos N1,... N5 de la red de comunicación CN y con todos los gestores de enlace de la red de comunicación CN. El gestor de red NM puede implementarse como un aparato independiente conectado o bien a cualquiera de los nodos N1,... N5 o a cualquiera de los gestores de enlaces. En la figura 1, a modo de ejemplo no limitativo, el gestor de red NM está conectado al gestor de enlaces LM de la ruta de conexión Con1.

10 En condiciones operativas, la red de comunicación CN conecta una pluralidad de usuarios que intercambian datos a través de los nodos N1, N5... de la red CN. Los datos se transmiten a través de las rutas de conexión Con1,... Con5, y cada ruta de conexión Con1,... Con5 opera a una capacidad respectiva (es decir, a una velocidad de transmisión de datos respectiva). Los datos intercambiados entre los nodos de red N1,... N5 pueden llevar diferentes servicios, cada uno de los mismos asociado a una calidad de servicio (QoS) respectiva.

15 La figura 2 muestra una parte de la red de comunicación CN, que comprende los nodos N1, N2, la ruta de conexión Con1 y el gestor de enlaces LM. A modo de ejemplo no limitativo, la ruta de conexión Con1 comprende dos enlaces A, B. Ambos enlaces A, B pueden ser enlaces dúplex completos que permiten un intercambio bidireccional de información entre los nodos N1, N2. Se supone que ambos enlaces A, B son capaces de soportar la transmisión de datos modulados digitalmente a una velocidad de símbolo igual a C símbolos/s. La velocidad de símbolos representa el número de símbolos transmitidos por segundo, siendo el símbolo un número entero de bits igual o superior a 1.

20 Como se muestra en la figura 2, un terminal T puede estar conectado opcionalmente al gestor de enlaces LM. El terminal T comprende preferentemente un teclado y una pantalla. El terminal T permite que un operador responsable de gestionar la red interactúe con el gestor de enlaces LM, como se describirá a continuación con mayor detalle en el presente documento.

25 El gestor de enlaces LM comprende preferentemente un módulo de control CM y una tabla de estados ST.

30 El módulo de control CM se implementa preferentemente por medio de un componente de hardware dedicado, o por medio de un componente de hardware capaz de ejecutar un software, en combinación con un software dedicado, o por medio de un componente de software dedicado.

35 La tabla de estados ST comprende preferentemente información indicativa de un conjunto de estados posibles en los que puede operar la ruta de conexión Con1. La tabla de estados ST se genera preferentemente por el módulo de control CM del gestor de enlaces LM, como se describirá en detalle a continuación.

40 Para generar la tabla de estados ST, el operador deberá conocer, para cada enlace A, B de la ruta de conexión Con1, las configuraciones de enlace posibles. Cada configuración de enlace comprende preferentemente uno o más de los siguientes parámetros:

- 45
- un estado operativo del enlace, es decir, si el enlace está ENCENDIDO (es decir, el enlace está funcionando) o APAGADO (es decir, el enlace no funciona);
 - el esquema de modulación aplicado para la transmisión de datos a través del enlace;
 - el esquema de codificación aplicado para la transmisión de datos a través del enlace;
 - la velocidad de símbolos aplicada para la transmisión de datos a través del enlace; y
- 50
- una serie de portadoras de radiofrecuencia independientes y unas frecuencias de las portadoras de radiofrecuencia usadas para la transmisión de datos a través del enlace.

55 Además, el operador debe saber, para cada posible configuración de enlace, la capacidad de enlace y el consumo de potencia del enlace. El consumo de potencia del enlace de un enlace comprende la potencia consumida por las interfaces de radio que terminan ese enlace en los nodos de red N1, N2 y la potencia emitida por las antenas en los nodos N1, N2 para transmitir las señales de radio que transportan los datos a través del enlace.

60 Por motivos de simplicidad, se supone desde aquí en adelante en el presente documento que las configuraciones de enlace posibles de los enlaces A, B pueden diferir solamente por el estado de operación (es decir, ENCENDIDO o APAGADO) y por el esquema de modulación del enlace. El esquema de codificación, el número de portadoras de RF independientes, la frecuencia de las portadoras de RF, etc. de los enlaces A, B son fijos. Además, se supone que los esquemas de modulación soportados, el esquema de codificación, el número de portadoras de RF independientes, la frecuencia de las portadoras de RF, etc. son las mismas en los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1. En otras palabras, los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1 son intercambiables.

65

Además, se supone que cada enlace A, B, en el estado operativo ENCENDIDO puede estar configurado para transmitir con un esquema de modulación 4-QAM 16-QAM o 64-QAM. En otras palabras, cada enlace A, B tiene cuatro configuraciones de enlace posibles:

- 5 – primera configuración de enlace: estado operativo APAGADO;
- segunda configuración de enlace: estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM;
- tercera configuración de enlace: estado operativo ENCENDIDO, 16-QAM; y
- cuarta configuración de enlace: estado operativo ENCENDIDO 64-QAM.

10 Esto no es limitante, ya que puede adoptarse cualquier esquema de modulación a lo largo de los enlaces primero y segundo A, B. Además, se supone que los esquemas de modulación 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM permiten conseguir, en cada enlace, una capacidad de enlace de $2xC$ Mb/s, $4xC$ Mb/s y $6xC$ Mb/s con un consumo de potencia de enlace de 5,06 W, 5,38 W y 7,39 W, respectivamente.

15 El operador responsable de gestionar la red, puede proporcionar a continuación una pluralidad de configuraciones o estados de conexión para la ruta de conexión Con1, comprendiendo cada estado una combinación respectiva de configuraciones de enlace de los enlaces A, B. Por ejemplo:

- 20 – primer estado: enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM y enlace B en un estado operativo APAGADO;
- segundo estado: enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 16-QAM y enlace B en un estado operativo APAGADO;
- tercer estado: enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 64-QAM y enlace B en un estado operativo APAGADO;
- 25 – cuarto estado: enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM y enlace B en un estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM;
- quinto estado: enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 16-QAM y enlace B en un estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM;
- 30 – quinto estado: enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 64-QAM y enlace B en un estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM; y así sucesivamente.

A continuación, para cada estado, el operador determina preferentemente una capacidad de estado respectiva como una suma de las capacidades de enlace de los enlaces A, B. Más de un estado puede lograr la misma capacidad de estado, como se explicará con más detalle más adelante en el presente documento. Por ejemplo, tanto el segundo estado (enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 16-QAM y enlace B en un estado operativo APAGADO) como el cuarto estado (enlace A en un estado operativo ENCENDIDO, 4-QAM y enlace B en un estado operativo ENCENDIDO usando 4-QAM) logran una misma capacidad de estado igual a $4xC$ Mb/s.

40 A continuación, el operador determina preferentemente un consumo de potencia de estado para cada uno de los estados anteriores, como una suma de los consumos de potencia de enlace de los enlaces A, B.

A continuación, el operador puede resumir los estados anteriores con las capacidades de estado y los consumos de potencia de estado respectivos en la tabla de estados ST.

45 En la tabla de estados ST, los estados se agrupan preferentemente de acuerdo con su capacidad de estado. En particular, para cada capacidad de estado posible, la tabla de estados ST comprende una fila respectiva que a su vez comprende el consumo(s) de potencia de estado del estado(s) que proporciona esa capacidad de estado y la información de configuración relacionada con ese estado(s).

50 La figura 3 muestra una tabla de estados a modo de ejemplo ST en relación con la ruta de conexión Con1, bajo los supuestos a modo de ejemplo anteriores en las configuraciones de enlace posibles para los enlaces A y B.

De acuerdo con tales supuestos a modo de ejemplo, la ruta de conexión Con1 puede operar de acuerdo con nueve estados posibles $S(j, n)$ que pueden agruparse de acuerdo con seis capacidades de estado posibles $SC1, \dots, SC6$. Cada capacidad de estado $SC1, \dots, SC6$ puede lograrse mediante uno o dos estados posibles $S(j, 1), S(j, 2)$.

En particular, una capacidad de estado de $2xC$ Mb/s puede lograrse solamente por un estado $S(1,1)$ en el que el enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 4-QAM y el enlace B está en un estado operativo APAGADO. En este caso, el consumo de potencia de estado es de 5,06 W.

60 Además, una capacidad de estado de $4XC$ Mb/s puede lograrse por dos estados $S(2,1), S(2,2)$: en $S(2,1)$ el enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 16-QAM y el enlace B está en un estado operativo APAGADO, siendo el consumo de potencia de estado de 5,38 vatios; en $S(2,2)$, ambos enlaces A, B están en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 4-QAM, siendo el consumo de potencia de estado de $5,06 \times 2 =$
65 10,12 W.

Además, una capacidad de estado de 6xC Mb/s puede lograrse por dos estados S (3,1), S (3,2): en S (3,1) el enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 64-QAM y el enlace B están en un estado operativo APAGADO, siendo el consumo de potencia de estado de 7,39 W; en S (3,2) el enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 16-QAM y el enlace B está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 4-QAM, siendo el consumo de potencia de estado de $5,38 + 5,06 = 10,44$ W.

Además, una capacidad de estado de 8xC Mb/s puede lograrse por dos estados S (4,1), S (4,2): en S (4,1) ambos enlaces A, B están en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 16-QAM, siendo el consumo de potencia de estado DE $5,38 \times 2 = 10,76$ W; en S (4,2) el enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 64-QAM y el enlace B está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 4-QAM, siendo el consumo de potencia de estado de $7,39 + 5,06 = 12,45$ W.

Además, una capacidad de estado de 10xC Mb/s puede lograrse solamente por un estado S (5,1), en el que el primer enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 64-QAM y el enlace B está en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 16-QAM. En este caso, el consumo de potencia de estado es $7,39 + 5,38 = 12,77$ W.

Por último, una capacidad de estado de 12xC Mb/s puede lograrse solamente por un estado S (6,1), en el que ambos enlaces A, B están en un estado operativo ENCENDIDO con modulación 64-QAM. En este caso, el consumo de potencia de estado es $7,39 \times 2 = 14,78$ W.

Como se muestra en la figura 3, la tabla de estados ST comprende seis filas, una para cada capacidad de estado posible. Cada fila comprende el consumo(s) de potencia de estado y la información de configuración relacionada con el uno o dos estados S (j, 1), S (j, 2) que proporcionan esa capacidad de estado organizada en varias columnas.

Una primera columna de la tabla de estados ST comprende preferentemente las capacidades de estado SC1,... SC6. Las capacidades de estado SC1,... SC6 se expresan preferentemente en C Mb/s, siendo C la velocidad de símbolo de cada enlace A, B de la ruta de conexión Con1.

Una segunda columna y una tercera columna comprenden la información de configuración CI (j, n) asociada a un primer estado S (j, 1) que proporciona cada una de las capacidades de estado SC1,... SC6. En particular, la segunda columna comprende una primera parte de la información de configuración CI (j, 1) relacionada con el enlace A (en particular, el estado operativo y el esquema de modulación del enlace A), mientras que la tercera columna comprende una segunda parte de la información de configuración CI (j, 1) relacionada con el enlace B (en particular, el estado operativo y el esquema de modulación del enlace B).

Una cuarta columna de la tabla de estados ST comprende el consumo de potencia de estado SP (j, 1) asociado al primer estado S (j, 1) que proporciona las capacidades de estado SC1,... SC6. Los consumos de potencia de estado SP (j, 1) se expresan preferentemente en vatios.

Una quinta columna y una sexta columna comprenden la información de configuración CI (j, n) asociada a un segundo estado S (j, 2) que proporciona cada una de las capacidades de estado SC1,... SC6. En particular, la quinta columna comprende una primera parte de la información de configuración CI (j, 2) relacionada con el enlace A (en particular, el estado operativo y el esquema de modulación del enlace A), mientras que la sexta columna comprende una segunda parte de la información de configuración CI (j, 2) relacionada con el enlace B (en particular, el estado operativo y el esquema de modulación del enlace B).

Una séptima columna de la tabla de estados ST comprende el consumo de potencia de estado SP (j, 2) asociado al segundo estado S (j, 2) que proporciona las capacidades de estado SC1,... SC6. Los consumos de potencia de estado SP (j, 2) se expresan preferentemente en vatios.

Después de generar la tabla de estados ST, el operador responsable de gestionar la red puede introducir la tabla de estados ST en el módulo de control CM del gestor de enlaces LM a través del terminal T.

Como alternativa a la generación manual descrita anteriormente de la tabla de estados ST, la tabla de estados ST puede generarse al menos parcialmente de manera automática por el módulo de control CM. En este caso, el módulo de control CM puede recuperar la información necesaria para generar la tabla de estados ST de una base de datos accesible por el gestor de enlaces LM.

Una vez que la tabla de estados se genera o bien de manera automática o manualmente ST, se almacena en un dispositivo de memoria del gestor de enlaces LM o en la base de datos accesible por el gestor de enlaces LM, de tal manera que pueda accederse por el módulo de control CM.

El gestor de enlaces LM (en particular, el módulo de control CM) usa preferentemente la tabla de estados ST para ajustar y cambiar el estado de la ruta de conexión Con1, como se describirá en adelante en el presente documento haciendo referencia al diagrama de flujo de la figura 4.

En condiciones operativas, después de desplegar la ruta de conexión Con1 entre los nodos N1, N2, el operador responsable de gestionar la red determina preferentemente una capacidad inicial Cinit para ruta de conexión Con1. La capacidad inicial Cinit puede determinarse de acuerdo con diferentes criterios. Preferentemente, la capacidad inicial Cinit se determina sobre la base de las solicitudes de tráfico de datos de los usuarios de la red de comunicación que deben encaminarse en la ruta de conexión Con1. Opcionalmente, se tiene en cuenta la calidad de servicio (QoS) asociada a los servicios transportados por estos datos.

A continuación, el operador proporciona preferentemente el valor de la capacidad inicial Cinit para el módulo de control CM (por ejemplo, usando el teclado del terminal T).

Tras la recepción del valor de la capacidad inicial Cinit (etapa 400), el módulo de control CM busca a través preferentemente de la tabla de estados ST y selecciona un estado inicial Sinit (etapa 401). El estado inicial Sinit se selecciona preferentemente entre los estados S (j, n) almacenados en la tabla de estados ST como el estado que cumple los siguientes requisitos:

- su capacidad de estado asociada es mayor o igual que la capacidad inicial Cinit;
- coincide con las condiciones de propagación actuales a lo largo de los enlaces A, B de ruta de conexión Con1 (es decir, se garantiza una transmisión de datos fiable a lo largo de los enlaces A, B, dadas sus condiciones de propagación actuales); y
- se asocia con el consumo de potencia de estado mínimo.

Preferentemente, el estado inicial Sinit se selecciona entre los estados S (j, n) que tienen la capacidad de estado mínima, entre los estados que tienen una capacidad de estado mayor o igual que la capacidad inicial Cinit. Ventajosamente, una selección de este tipo garantiza que la ruta de conexión Con1 y los nodos N1, N2 operen de acuerdo con una configuración que coincida con las condiciones de propagación a lo largo de la ruta de conexión Con1 consumiendo la cantidad mínima de potencia y de recursos de red.

En la etapa 401, el módulo de control CM recibe información en relación con las condiciones de propagación actuales a lo largo de los enlaces A, B para seleccionar correctamente el estado inicial Sinit. Dicha información puede proporcionarse al módulo de control CM o bien por el operador (a través del terminal T) o por los nodos N1, N2 (en particular, por sus funciones ACM).

Como alternativa a la selección automática descrita anteriormente del estado inicial Sinit realizada por el módulo de control CM, el operador puede seleccionar manualmente el estado inicial Sinit para la ruta de conexión Con1. En este caso, el módulo de control CM puede ejecutar una interfaz gráfica de usuario que muestra la tabla de estados ST en la pantalla del terminal T. A continuación, el operador puede buscar a través de la tabla de estados ST y seleccionar directamente el estado inicial Sinit (por ejemplo, presionando una tecla en el teclado del terminal T).

Una vez que se selecciona de manera automática o manual el estado inicial Sinit, el módulo de control CM lee preferentemente en la tabla de estados ST la información de configuración relacionada con ese estado Sinit y opera los nodos N1, N2 de tal manera que implementen el estado inicial seleccionado Sinit (etapa 402), es decir, de tal manera que configuren la transmisión de datos a través de los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1 (en particular, para configurar sus transmisores respectivos) de acuerdo con la información de configuración asociada al estado inicial Sinit.

Por ejemplo, haciendo referencia a la tabla de estados a modo de ejemplo ST de la figura 3, se supone que el operador determina que una capacidad inicial Cinit igual a $6 \times C$ Mb/s es suficiente para soportar las solicitudes de tráfico de datos y para proporcionar la QoS necesaria. A continuación, se selecciona preferentemente el estado inicial Sinit entre los estados S (3, 1) y S (3, 2) que tienen la capacidad de estado $6 \times C$ Mb/s. Si ambos estados S (3, 1) y S (3, 2) coinciden con las condiciones de propagación en la ruta de conexión Con1 (por ejemplo, el clima es bueno), el estado S (3, 1) de la tabla ST de la figura 3 puede seleccionarse como el estado inicial Sinit, ya que tiene el consumo de potencia de estado mínimo $SP(3, 1) = 7,39$ W. En este caso, los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1 se configuran de acuerdo con la información de configuración CI (3, 1), es decir, el enlace A está en un estado operativo ENCENDIDO y está configurado para implementar una modulación 64-QAM, mientras que el enlace B está en un estado operativo APAGADO. Si el estado S (3, 1) no coincide con las condiciones de propagación (por ejemplo, el clima es malo y se requiere una mayor inmunidad al ruido), el estado S (3, 2) puede seleccionarse como estado inicial Sinit, ya que los esquemas de modulación de este el estado (es decir, 16-QAM a lo largo del enlace A y 4-QAM a lo largo del enlace B) es más robusto a las condiciones de propagación adversas que el esquema de modulación del estado S (3, 1) (es decir, 64-QAM).

A continuación, el módulo de control CM escucha para un posible activador de cambio de estado Tr (etapa 403). Un activador de cambio de estado Tr comprende preferentemente información indicativa de un evento que se produce en la red de comunicación CN (o que se producirá en la red de comunicación CN) y que puede requerir un cambio de estado para la ruta de conexión Con1. Un activador de cambio de estado Tr puede comprender:

- información indicativa de un aumento o disminución de la cantidad de datos a encaminar en la ruta de conexión

- Con1 y/o un cambio en la calidad de servicio (QoS) asociada a dichos datos;
- información indicativa de un cambio de las condiciones de propagación en los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1;
 - información indicativa de un cambio en los requisitos de consumo de potencia;
- 5 – información indicativa de un fallo que involucra a uno o más enlaces A, B de la ruta de conexión Con1 y/o a los nodos N1, N2;
- una alarma relacionada con uno o más enlaces A, B de la ruta de conexión Con1 y/o con los nodos N1, N2; y
 - estadísticas de tráfico a lo largo de periodos de tiempo (día, mes, año).
- 10 El activador de cambio de estado Tr puede introducirse por el operador responsable de gestionar la red para el gestor de enlaces LM por medio del terminal T. Este es el caso, por ejemplo, cuando el activador Tr comprende información indicativa de un aumento o disminución de la cantidad de datos a encaminar en la ruta de conexión Con1.
- 15 Como alternativa, el activador de cambio de estado Tr puede generarse e introducirse automáticamente en el gestor de enlaces LM por los nodos de la red de comunicación CN. Este es el caso, por ejemplo, cuando el activador Tr comprende una alarma relacionada con uno o más enlaces A, B y/o uno o más nodos N1, N2 de la ruta de conexión Con1.
- 20 Como alternativa, el activador de cambio de estado Tr puede generarse por el propio módulo de control CM. Por ejemplo, el operador puede decidir activar el cambio del estado de la ruta de conexión Con1 de acuerdo con la hora del día. En este caso, el activador de cambio de estado Tr puede generarse automáticamente en el módulo de control CM en cooperación con un reloj. Además, el módulo de control CM puede generar automáticamente un activador de cambio de estado Tr cuando surge un problema en la fuente de alimentación para los nodos N1, N2 de la ruta de conexión Con1. Un problema de este tipo puede implicar una interrupción total o parcial de la fuente de alimentación, y pueden usarse dispositivos tales como baterías adicionales o paneles fotovoltaicos, que sin embargo proporcionan una potencia limitada. En este caso, el activador de cambio de estado Tr puede generarse automáticamente en el módulo de control CM cuando dichos dispositivos están encendidos.
- 25
- 30 Tras la recepción de un activador de cambio de estado Tr, el módulo de control CM procesa preferentemente la información comprendida en el activador de cambio de estado Tr (etapa 404). En particular, en el etapa 404, el módulo de control CM puede determinar una nueva capacidad Cnew que soportaría la ruta de conexión Con1, o un nuevo consumo de potencia Pnew que consumirá la ruta de conexión Con1 o unas nuevas condiciones de propagación a lo largo de los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1.
- 35 A continuación, en la etapa 405, el módulo de control CM comprueba preferentemente si se necesita un cambio de estado de la ruta de conexión Con1.
- 40 En particular, si en la etapa 404 el módulo de control CM ha determinado a partir del activador de cambio de estado Tr una nueva capacidad Cnew, en la etapa 405 el módulo de control CM comprueba preferentemente si la capacidad de estado del estado inicial Sinit es igual o mayor que la nueva capacidad Cnew y, en forma negativa, determina que se necesita un cambio de estado.
- 45 Por otro lado, si en la etapa 404 el módulo de control CM ha determinado a partir del activador de cambio de estado Tr un nuevo consumo de potencia Pnew, en la etapa 405 el módulo de control CM comprueba preferentemente si el consumo de potencia de estado del estado inicial Sinit es más bajo o igual que el nuevo consumo de potencia Pnew y, en forma negativa, determina que se necesita un cambio de estado.
- 50 Por otra parte, si en la etapa 404 el módulo de control CM ha determinado a partir del activador de cambio de estado Tr unas nuevas condiciones de propagación a lo largo de los enlaces A, B, en la etapa 405 el módulo de control comprueba preferentemente si el estado inicial Sinit coincide con las nuevas condiciones de propagación y, en forma negativa, determina que se necesita un cambio de estado.
- 55 Si en el etapa 405 el módulo de control CM determina que no es necesario un cambio de estado de la ruta de conexión Con1, el módulo de control CM no realiza ninguna acción adicional, que espera a posibles nuevos activadores de cambio de estado Tr.
- 60 De lo contrario, en la etapa 406, el módulo de control CM busca de nuevo a través de la tabla de estados ST y selecciona, entre los estados S (j, n), un nuevo estado Snew que coincida con la nueva capacidad Cnew o el nuevo consumo de potencia Pnew o las nuevas condiciones de propagación. El nuevo estado Snew se selecciona preferentemente entre los estados S (j, n) como el estado que cumple los siguientes requisitos:
- su capacidad de estado asociada es mayor o igual que la capacidad inicial Cinit o la nueva capacidad Cnew, si se ha determinado una nueva capacidad Cnew a partir del activador Tr;
 - coincide con las condiciones de propagación actuales a lo largo de los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1
- 65

o con las nuevas condiciones de propagación, si se han determinado unas nuevas condiciones de propagación a partir del activador Tr; y

- se asocia al consumo de potencia de estado mínimo, siendo el consumo de potencia de estado mínimo igual o menor que el nuevo consumo de potencia Pnew, si se ha determinado una nueva potencia a partir del activador Tr.

Preferentemente, el nuevo estado Snew se selecciona entre los estados S (j, n) que tienen la capacidad de estado mínima, entre los estados que tienen una capacidad de estado mayor o igual que la capacidad inicial Cinit o la nueva capacidad Cnew, si se ha determinado una nueva capacidad Cnew a partir a partir del activador Tr. Ventajosamente, una selección de este tipo garantiza que la ruta de conexión Con1 y los nodos N1, N2 continúen operando de acuerdo con una configuración que coincide con las condiciones de propagación a lo largo de la ruta de conexión Con1 consumiendo la cantidad mínima de potencia y de recursos de red.

A continuación, en la etapa 407, el módulo de control CM lee preferentemente en la tabla de estados ST la información de configuración relacionada con el nuevo estado Snew y opera los nodos N1, N2 de tal manera que implementan el nuevo estado seleccionado Snew, es decir, de tal manera que configuran la transmisión de datos a través de los enlaces A, B de la ruta de conexión Con1 (en particular, configuran sus respectivos transmisores) de acuerdo con la información de configuración asociada al nuevo estado Snew.

Los nodos N1, N2 cambian preferentemente su configuración usando sus funciones ACM y ATPC.

La etapa 404-406 puede realizarse manualmente por el operador responsable de gestionar la red por medio del terminal T, que puede mostrar la tabla de ST. En particular, el módulo de control CM puede ejecutar la interfaz gráfica de usuario permitiendo visualizar la tabla de estados ST en la pantalla del terminal T. Cuando el operador decide cambiar el estado de la ruta de conexión Con1, selecciona manualmente el nuevo estado Snew (por ejemplo, presionando una tecla en el teclado del terminal T). A continuación, el módulo de control CM realiza preferentemente la etapa 407 descrita anteriormente.

A continuación, en el presente documento se proporcionan algunas aplicaciones a modo de ejemplo del método descrito anteriormente.

De acuerdo con una primera aplicación a modo de ejemplo, el operador puede darse cuenta de que la cantidad de datos a encaminar a lo largo de la ruta de conexión Con1 está aumentando desde la capacidad inicial de Cinit a una nueva capacidad Cnew (por ejemplo, debido a que los nuevos usuarios se unen a la red de comunicación), de tal manera que la capacidad de estado del estado inicial Sinit (por ejemplo, el estado S (2, 1) que tiene una capacidad de estado SC2 de 4xC Mb/s) ya no es suficiente para soportar la transmisión de datos. El operador puede introducir una nueva capacidad Cnew en la forma de un activador de cambio de estado Tr al gestor de enlaces LM que, tras la recepción del activador Tr, determina que se necesita un cambio del estado de la ruta de conexión Con1 desde el estado inicial Sinit a un nuevo estado Snew cuya capacidad de estado sea mayor o igual que Cnew. Por ejemplo, si la nueva capacidad Cnew es de 5,5xC Mb/s, el gestor de enlaces LM puede seleccionar el nuevo estado Snew entre el estado S (3, 1) y S (3, 2), y en particular puede seleccionar como el nuevo estado Snew el estado S (3, 1), cuya capacidad de estado SC3 es igual a 6xC Mb/s y es suficiente para soportar la transmisión de la mayor cantidad de datos, al tiempo que garantiza el consumo de potencia mínimo, siempre que las condiciones de propagación en los enlaces A, B sean iguales.

De acuerdo con una segunda aplicación a modo de ejemplo, uno de los nodos N1, N2 puede detectar un fallo que afecta a uno de los enlaces de la ruta de conexión Con1, por ejemplo, el enlace B. En este caso, se recibe una alarma que indica el fallo en el gestor de enlaces LM en la forma de un activador de cambio de estado Tr. Tras la recepción del activador Tr, el gestor de enlaces LM puede decidir seleccionar un nuevo estado Snew, por lo que el enlace B está en un estado operativo APAGADO y la capacidad de estado (que básicamente es la capacidad de enlace del enlace A) es mayor o igual que la capacidad de estado de la ruta de conexión Con1 antes del fallo del enlace B. El gestor de enlaces LM también puede decidir aplicar un esquema de priorización de tráfico sobre la base de la QoS de los servicios encaminados a lo largo de la ruta de conexión Con1, con el fin de garantizar solamente la transmisión de tráfico de mayor prioridad.

De acuerdo con una tercera aplicación a modo de ejemplo, el operador puede decidir cambiar desde un estado a otro sobre la base de las estadísticas de tráfico a lo largo de un período de tiempo, por ejemplo, un día. Se supone, por ejemplo, que tales estadísticas prevén que durante el día las solicitudes de tráfico a lo largo de la ruta de conexión Con1 cambien de tal manera que

- durante la mañana, se necesita una capacidad igual a 6xC Mb/s;
- las necesidades de capacidad aumentan a 10xC Mb/s a la hora del almuerzo (es decir, entre las 12:00 am y las 14:00 pm);
- durante la tarde, se necesita una capacidad igual a 6xC Mb/s; y
- las necesidades de capacidad disminuyen a 2xC Mb/s durante la tarde y la noche.

En este caso, el operador puede proporcionar la programación de tiempo anterior al gestor de enlaces LM a través del terminal T. El gestor de enlaces LM puede implementar a continuación un reloj y, mediante la comparación del reloj con la programación de tiempo establecida por el operador, generar activadores de cambios de estado adecuados que comprendan las capacidades solicitadas Cnew. En particular, el gestor de enlaces LM puede

5 establecer la ruta de conexión Con1 para operar de acuerdo con el estado S (3, 1) durante la mañana, cambiar al estado S (5, 1) entre las 12:00 am y las 14:00 pm, volver a cambiar al estado S (3, 1) durante la tarde y finalmente cambiar al estado S (1, 1) durante la tarde y la noche, siempre que dichos estados coincidan con las condiciones de propagación a lo largo de la ruta de conexión Con1 (que puede variar con el tiempo durante el día).

10 De acuerdo con una cuarta aplicación a modo de ejemplo, el estado de la ruta de conexión Con1 puede cambiarse basándose en una variación en las condiciones de propagación. En esta situación, cuando cualquiera de los nodos N1, N2 detecta una variación en las condiciones de propagación determinando una degradación de la transmisión de datos a lo largo de la ruta de conexión Con1, el gestor de enlaces LM puede decidir cambiar el estado de la ruta de conexión Con1 desde un estado inicial Sinit a un estado Snew que garantice una transmisión de datos más robusta,

15 posiblemente a expensas de una menor capacidad. En el ejemplo de la tabla de estados ST de la figura 3, si el estado inicial Sinit es S (2, 1) y la modulación en el enlace A es 16-QAM, cuando el enlace A experimenta condiciones climáticas adversas, el gestor de enlaces LM puede decidir cambiar a un estado que tenga la misma capacidad de estado SC2 pero que aplica un esquema de modulación más robusto, por ejemplo, 4-QAM (estado S (2, 2) de la tabla de estados ST). Si el estado inicial es S (6, 1) y la modulación en ambos enlaces A, B es 64-QAM,

20 cuando la ruta de conexión Con1 experimenta condiciones climáticas adversas, el gestor de enlaces LM puede decidir cambiar a un estado que aplica un esquema de modulación más robusto, por ejemplo, el estado S (4, 1) en el que la modulación es 16-QAM, a expensas de una menor capacidad.

De acuerdo con una quinta aplicación a modo de ejemplo, el estado de la ruta de conexión Con1 puede cambiarse de acuerdo con los requisitos de consumo de potencia. Por ejemplo, a través de una ruta de conexión Con1 que opera de acuerdo con el estado S (4, 1) de la tabla de estados ST, puede surgir la necesidad de reducir el consumo de potencia de cualquiera de los nodos N1, N2 cuando se produce un fallo en un aparato de nodo o el nivel de batería de un aparato de nodo disminuye por debajo de un nivel mínimo. En tales situaciones, se requiere que el consumo de potencia del nodo disminuya para garantizar su operación. En este caso, el gestor de enlaces LM

25 puede decidir cambiar desde el estado S (4, 1) a un estado que requiere un nivel de potencia más bajo, por ejemplo, el estado S (3, 1), a expensas de una capacidad menor.

El método de la presente invención permite ventajosamente optimizar el consumo de potencia de cada ruta de conexión Con1 de la red de comunicación CN (es decir, de los nodos que terminan la ruta de conexión Con1). De hecho, el método permite cambiar el estado de la ruta de conexión Con1 con el fin de tener en cuenta los requisitos de capacidad reales así como las condiciones reales de propagación (es decir, la cantidad real de tráfico que a soportar por la red de comunicación y los requisitos resultantes de la presencia de posibles fallos, interferencias, alarmas, así como malas condiciones de propagación, etc.), que pueden ser muy variables a lo largo del tiempo. Mientras tanto, el método descrito anteriormente permite realizar el cambio del estado de la ruta de conexión Con1 consumiendo la potencia mínima.

35

El método para gestionar el consumo de potencia se ha descrito anteriormente haciendo referencia a una ruta de conexión Con1 de la red de comunicación CN que comprende dos enlaces paralelos, pero puede aplicarse igualmente a cualquier ruta de conexión de la red de comunicación CN que comprenda cualquier número de enlaces (incluso un solo enlace).

45

El método para gestionar el consumo de potencia de la presente invención puede aplicarse a toda la red de comunicación CN. En este caso, una tabla de estados ST como se ha descrito anteriormente se compila preferentemente para cada ruta de conexión de la red de comunicación CN y se almacena en un gestor de enlaces LM. El gestor de red NM mostrado en la figura 1 funciona preferentemente junto con los gestores de enlace LM de la red de comunicación CN y recopila la información almacenada dentro de las tablas de estados ST de las rutas de conexión de la red de comunicación CN.

50

Después de desplegar la red de comunicación CN, el gestor de red NM ejecuta preferentemente un algoritmo de optimización capaz de encontrar un estado respectivo para cada ruta de conexión de la red de comunicación CN, de tal manera que la red de comunicación CN en su conjunto consume la potencia mínima. En este escenario, el estado respectivo para una ruta de conexión que el gestor de red NM puede encontrar no es necesariamente el estado que garantiza el consumo de potencia mínimo para la única ruta de conexión. De hecho, es el estado que, combinado con los estados de todas las demás rutas de conexión, garantiza el consumo de potencia mínimo de toda la red de comunicación CN.

55

60

Cuando una o más de las condiciones descritas anteriormente activan el cambio del estado de una ruta de conexión, el gestor de red NM ejecuta preferentemente el algoritmo de optimización y, como resultado, puede encontrarse que una o más rutas de conexión de la red de comunicación CN cambie su estado. Por lo tanto, el gestor de red NM comunica preferentemente los nuevos estados a los gestores de enlace LM a cargo de las rutas de conexión que cambiarán su estado. En particular, el módulo de control CM de cada gestor de enlaces LM recupera

65

preferentemente la información de configuración asociada al nuevo estado para la ruta de conexión respectiva y opera los nodos que terminan esa conexión de tal manera que implementan la configuración seleccionada. Los nodos pueden cambiar a la configuración seleccionada usando sus funciones ACM y ATPC.

5 Ventajosamente, el método de la presente invención puede ejecutarse de manera centralizada y permite optimizar el consumo de potencia no solo de las rutas de conexión únicas de la red de comunicación CN sino también de toda la red de comunicación CN teniendo en cuenta las necesidades reales de capacidad de la red de comunicación CN.

10 Las funciones de los diversos elementos mostrados en las figuras 1 y 2 pueden proporcionarse a través del uso de hardware dedicado, así como hardware capaz de ejecutar software en asociación con un software apropiado. Las funciones de los diversos elementos pueden proporcionarse por un solo procesador dedicado, por un solo procesador compartido o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos. Además, los elementos pueden comprender, sin limitación, un hardware de procesador de señal digital (DSP), un procesador de red, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), una memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, una memoria de acceso aleatorio (RAM) y un almacenamiento no volátil. También puede incluirse otro hardware, convencional y/o personalizado.

15 Debería apreciarse por los expertos en la materia que cualquiera de los diagramas de bloques en el presente documento, como los de las figuras 1 y 2, representan unas vistas conceptuales de una circuitería ilustrativa que incorporan los principios de la invención. De manera similar, se apreciará que cualquiera de los gráficos de flujo, diagramas de flujo, diagramas de transición de estado, pseudo código y similares, como el de la figura 4, representan diversos procesos que pueden representarse sustancialmente en un medio legible por ordenador y de este modo ejecutarse por un ordenador o procesador, se muestre o no explícitamente tal ordenador o procesador.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para gestionar el consumo de potencia de una red de comunicación de radio (CN), comprendiendo dicha red de comunicación de radio (CN) al menos dos nodos (N1, N2) y una ruta de conexión (Con1) que conecta dichos al menos dos nodos (N1, N2), comprendiendo dicho método:
- a) determinar un conjunto de estados (S (j, n)) de dicha ruta de conexión (Con1), teniendo dicha ruta de conexión (Con1), en cada estado, una capacidad de estado (SCj) y un consumo de potencia de estado (SP (j, n));
 - b) tras la recepción de una solicitud (Cinit, Cnew, Pnew) relacionada con el tráfico transportado en dicha ruta de conexión (Con1), seleccionar un estado (Sinit, Snew) que tenga un consumo de potencia de estado mínimo dentro de dicho conjunto de estados (S1,... S6), teniendo dicho estado seleccionado (Sinit, Snew) una capacidad de estado (SCj) mayor o igual que una capacidad (Cinit, Cnew) asociada a dicho tráfico y que coincide con unas condiciones de propagación de dicha ruta de conexión (Con1); y
 - c) operar dichos nodos (N1, N2) con el fin de llevar dicha ruta de conexión (Con1) a dicho estado seleccionado (Sinit, Snew); **caracterizado por que**
 - d) dicho estado seleccionado (Sinit, Snew) tiene una capacidad de estado mínima entre los estados (S1,... S6) que tienen una capacidad de estado (SCj) mayor o igual que dicha capacidad (Cinit, Cnew).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada estado de dicho conjunto de estados (S1,... S6) de dicha ruta de conexión (Con1) es indicativo de una posible configuración de uno o más enlaces (A, B) comprendidos en dicha ruta de conexión (Con1), comprendiendo dicha configuración posible, para cada uno de dichos uno o más enlaces (A, B), uno o más de entre:
- un estado operativo de ENCENDIDO-APAGADO del enlace (A, B);
 - un esquema de modulación aplicado para la transmisión de datos a través del enlace (A, B);
 - un esquema de codificación aplicado para la transmisión de datos a través del enlace (A, B);
 - una velocidad de símbolos aplicada para la transmisión de datos a través del enlace (A, B); y
 - una serie de portadoras de radiofrecuencia independientes y unas frecuencias de las portadoras de radiofrecuencia usadas para la transmisión de datos a través del enlace (A, B).
3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha solicitud (Cnew) es indicativa de una variación en dicha capacidad (Cinit, Cnew) asociada a dicho tráfico.
4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha solicitud es indicativa de una variación en dichas condiciones de propagación.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha solicitud (Pnew) es indicativa de una variación en el consumo de potencia de dicha ruta de conexión (Con1).
6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha solicitud es indicativa de un fallo que afecta a dicha ruta de conexión (Con1).
7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha operación se realiza usando al menos una función de modulación de código adaptativa y/o al menos una función de control de potencia de transmisor automático de dichos nodos (N1, N2).
8. Un producto de programa informático que comprende unas instrucciones ejecutables por ordenador para realizar, cuando el programa se ejecuta en un ordenador, las etapas del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
9. Un gestor de enlaces (LM) para una red de comunicación de radio (CN) que comprende al menos dos nodos (N1, N2) y una ruta de conexión (Con1) para conectar dichos al menos dos nodos (N1, N2) en las condiciones de propagación respectivas, estando dicho gestor de enlaces (LM) configurado para:
- determinar un conjunto de estados (S (j, n)) de dicha ruta de conexión (Con1), teniendo dicha ruta de conexión (Con1), en cada estado, una capacidad de estado (SCj) y un consumo de potencia de estado (SP (j, n));
 - tras la recepción de una solicitud (Cinit, Cnew, Pnew) relacionada con el tráfico transportado en dicha ruta de conexión (Con1), seleccionar un estado (Sinit, Snew) que tenga un consumo de potencia de estado mínimo dentro de dicho conjunto de estados (S1,... S6), teniendo dicho estado seleccionado (Sinit, Snew) una capacidad de estado (SCj) mayor o igual que una capacidad (Cinit, Cnew) asociada a dicho tráfico y que coincide con dichas condiciones de propagación de dicha ruta de conexión (Con1); y
 - operar dichos nodos (N1, N2) con el fin de llevar dicha ruta de conexión (Con1) a dicho estado seleccionado (Sinit, Snew)
 - **caracterizado por que** dicho estado seleccionado (Sinit, Snew) tiene una capacidad de estado mínima entre los estados (S1,... S6) que tienen una capacidad de estado (SCj) mayor o igual que dicha capacidad (Cinit, Cnew).

10. El gestor de enlaces (LM) de la reivindicación 9, estando dicho gestor de enlaces (LM) implementado en un nodo de dicha red de comunicación de radio (CN).
- 5 11. El gestor de enlaces (LM) de la reivindicación 9, estando dicho gestor de enlaces (LM) implementado en un aparato conectado a un nodo de dicha red de comunicación de radio (CN).
- 10 12. Una red de comunicación de radio (CN) que comprende al menos dos nodos (N1, N2) y una ruta de conexión (Con1) para conectar dichos al menos dos nodos (N1, N2) en las condiciones de propagación respectivas, comprendiendo además dicha red de comunicación de radio (CN) un gestor de enlaces (LM) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11.
- 15 13. La red de comunicación (CN) de acuerdo con la reivindicación 12, comprendiendo además dicha red de comunicación (CN) un gestor de red (NM) configurado para:
- 20 - tras la recepción de dicha solicitud (Cinit, Cnew, Pnew), seleccionar un estado (Sinit, Snew) dentro de dicho conjunto de estados (S1,... S6), teniendo dicho estado seleccionado (Sinit, Snew) una capacidad de estado (SCj) mayor o igual que una capacidad (Cinit, Cnew) asociada a dicho tráfico y que coincide con las condiciones de propagación de dicha ruta de conexión (Con1), seleccionándose dicho estado (Sinit, Snew) de tal manera que dicha red de comunicación (CN) consume en su conjunto una potencia mínima; y
- operar dichos nodos (N1, N2) con el fin de llevar dicha ruta de conexión (Con1) a dicho estado seleccionado (Sinit, Snew).

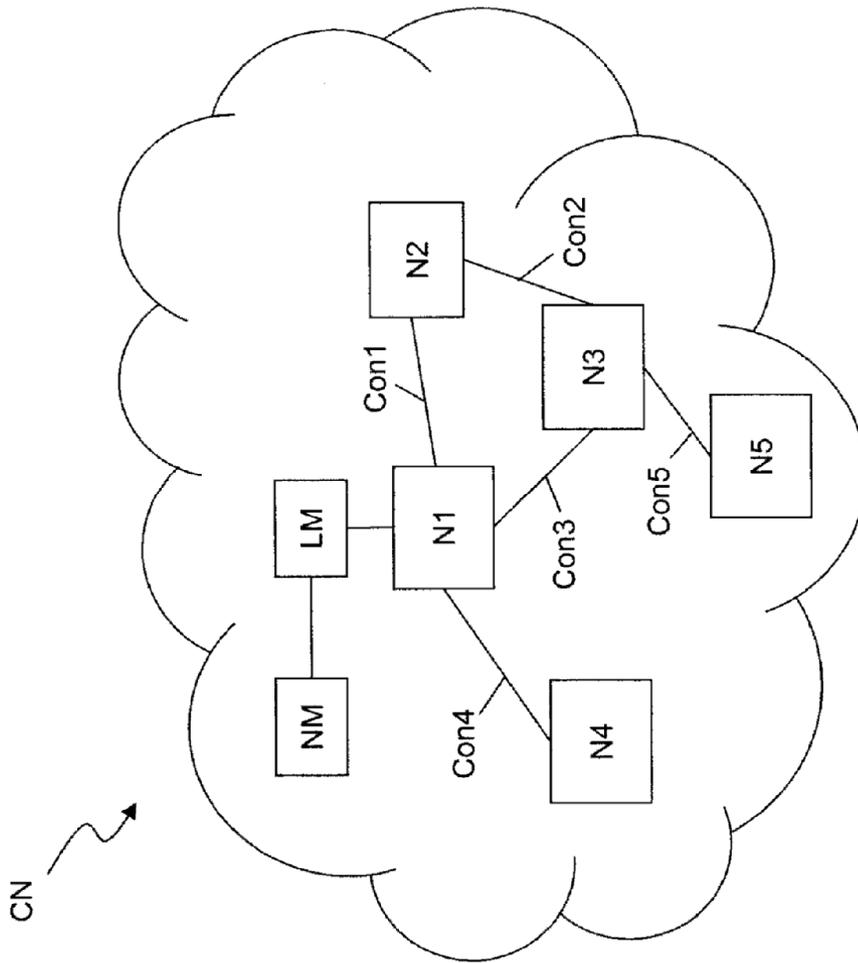


Figure 1

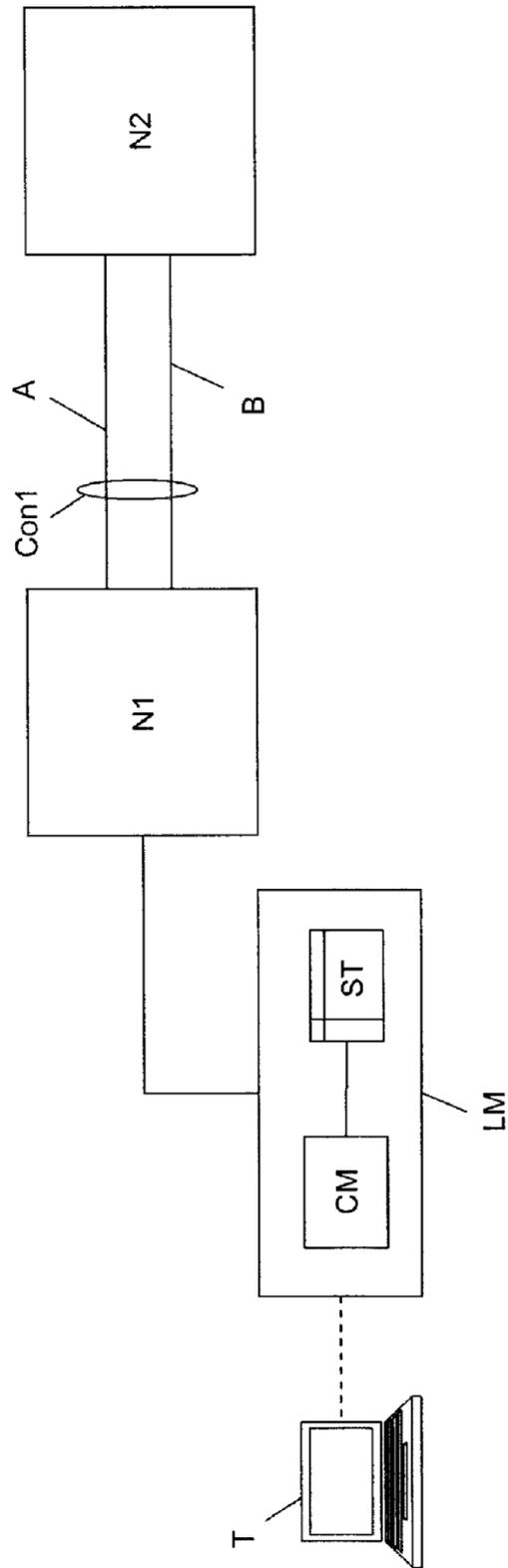


Figura 2

ST 

SCj	S(j,1)				S(j,2)			
	CI(j,1)		SP(j,1)	CI(j,2)		SP(j,2)		
	A	B		A	B			
2xC	ENCENDIDO, 4-QAM	APAGADO	5,06					
4xC	ENCENDIDO, 16-QAM	APAGADO	5,38		ENCENDIDO, 4-QAM		10,12	
6xC	ENCENDIDO, 64-QAM	APAGADO	7,39		ENCENDIDO, 16-QAM		10,44	
8xC	ENCENDIDO, 16-QAM	ENCENDIDO, 16-QAM	10,76		ENCENDIDO, 64-QAM		12,45	
10xC	ENCENDIDO, 64-QAM	ENCENDIDO, 16-QAM	12,77					
12xC	ENCENDIDO, 64-QAM	ENCENDIDO, 64-QAM	14,78					

Figura 3

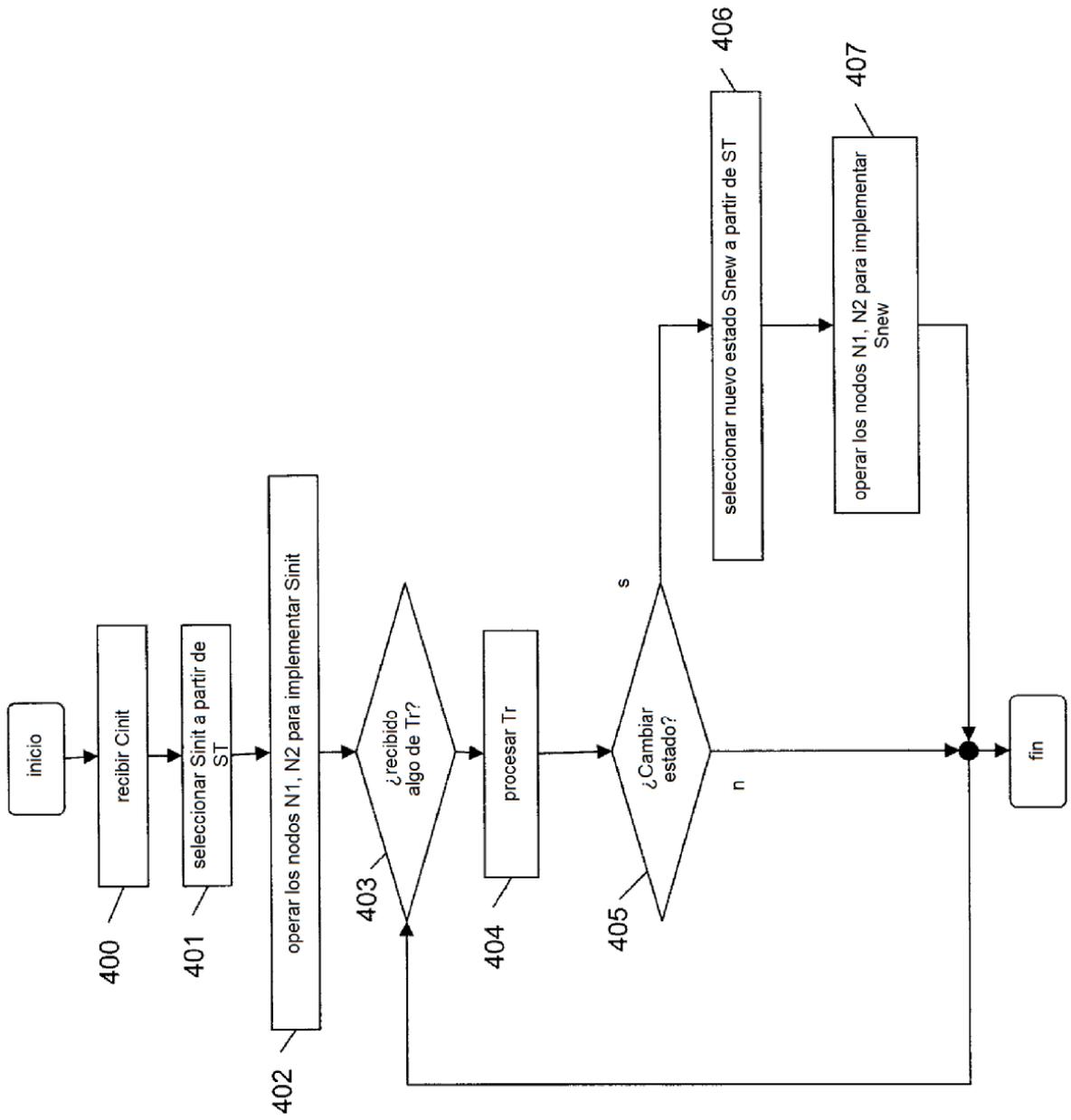


Figura 4