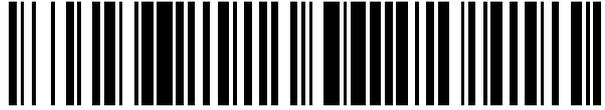


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 935**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 27/34 (2006.01)

H04W 52/20 (2009.01)

H04W 52/26 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.1998 E 10173557 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2278744**

54 Título: **Método y aparato para mantener una calidad de transmisión predefinida en una red MAN inalámbrica**

30 Prioridad:

14.10.1997 US 950028

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

28.11.2013

73 Titular/es:

**WI-LAN, INC. (100.0%)
11 Holland Avenue, Suite 608
Ottawa ON K1Y 4S1, CA**

72 Inventor/es:

LE-NGOC, THO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 431 935 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para mantener una calidad de transmisión predefinida en una red MAN inalámbrica

Campo de la invención:

5 La invención se refiere a una red inalámbrica para un área metropolitana. Más en particular, la invención se refiere a una técnica para mantener una calidad predefinida del enlace de transmisión en una red inalámbrica para un área metropolitana.

Antecedentes de la invención:

10 Los ordenadores utilizados en las oficinas modernas están habitualmente acoplados a una red de área local (LAN, local area network). La LAN permite a los usuarios de los ordenadores compartir recursos comunes, tales como una impresora común incluida en la red, y permite a los usuarios compartir archivos de información, tal como mediante incluir uno o varios servidores de archivos en la red. Además, habitualmente los usuarios pueden comunicarse información entre ellos mediante mensajería electrónica. Un tipo de LAN utilizado habitualmente es Ethernet. Actualmente, existen diversos productos que soportan Ethernet disponibles comercialmente en diversas fuentes.

15 Las organizaciones empresariales y sus filiales están frecuentemente extendidas sobre varios emplazamientos en un área metropolitana o geográfica. Por ejemplo, una organización empresarial puede tener una central, una o varias sucursales y otras instalaciones. Para dichas organizaciones empresariales, las LAN ubicadas en los diversos emplazamientos necesitarán generalmente comunicar información entre ellas. Se conocen los enlaces de comunicación inalámbrica para conectar redes de área local. Por ejemplo, cada una de la patente de U.S.A. número 4.876.742, titulada "Apparatus and Method for Providing a Wireless Link Between Two Area Network Systems" y la
20 patente de U.S.A. número 5.436.902, titulada "Ethernet Extender", dan a conocer un enlace de comunicación inalámbrica para conectar LAN.

25 La disponibilidad de un enlace inalámbrico se expresa normalmente como el porcentaje de tiempo durante el que la tasa de error de bit que representa el funcionamiento del enlace está por debajo de un nivel umbral dado. Las precipitaciones meteorológicas provocan una atenuación severa de la señal transmitida, especialmente para enlaces que funcionan en bandas de frecuencia milimétricas. Por ejemplo, para mantener una disponibilidad del 99,99% en presencia de precipitaciones meteorológicas, la señal debe ser transmitida a un nivel de hasta 24 dB/km por encima de lo habitual. Por lo tanto, para asegurar una tasa de error de datos aceptable bajo todas las condiciones esperadas, los datos son comunicados habitualmente sobre un enlace de comunicación inalámbrico a una potencia relativamente elevada y una velocidad relativamente baja. Sin embargo, la cantidad de datos que se ha de
30 comunicar sobre el enlace inalámbrico puede variar ampliamente en el tiempo y puede variar independientemente de las condiciones ambientales. Además, los enlaces inalámbricos, especialmente los que funcionan a niveles elevados de potencia, pueden provocar interferencias con otros enlaces inalámbricos que funcionan en la misma zona geográfica.

35 Por lo tanto, lo que se necesita es una técnica para mantener una calidad de transmisión predefinida mientras se transmiten datos sobre un enlace de comunicación inalámbrica en una red de área metropolitana (MAN, metropolitan area network). Lo que se necesita es además una técnica para transmitir datos sobre un enlace de comunicación inalámbrica en una MAN a una velocidad suficiente para hacer frente a la demanda. Lo que se necesita es además una técnica para transmitir datos sobre un enlace de comunicación inalámbrica en una MAN a una potencia relativamente baja. Lo que se necesita adicionalmente es una técnica para reducir la interferencia entre enlaces de
40 comunicación inalámbrica que funcionan en la misma zona geográfica.

45 El documento WO9427382 describe un sistema de comunicación en el que se utilizan múltiples redes de área local que presentan características diferentes, para conectar dispositivos informáticos portátiles o móviles. Estaciones base radioeléctricas conectadas a una LAN de la red troncal y por lo menos un dispositivo informático móvil forman una LAN de alta potencia, que utiliza un protocolo de saltos de frecuencia. Una LAN de baja potencia permite la comunicación radioeléctrica entre un dispositivo informático móvil y dispositivos periféricos, utilizando un protocolo de espectro ensanchado de frecuencia única. Una LAN vehicular proporciona comunicación de corto alcance entre terminales de vehículo y terminales portátiles. Las unidades radioeléctricas participan en múltiples LAN utilizando el protocolo, la frecuencia y el nivel de potencia adecuados para comunicar a través del sistema de comunicación.

50 El documento WO 93/00751 da a conocer un sistema de comunicación módem a módem en el que el nivel de potencia puede modificarse en función de la calidad del canal de comunicación.

Compendio de la invención:

55 Según la presente invención, se da a conocer un método y un aparato de comunicación de datos entre redes de área local en una red de área metropolitana, comprendiendo el método establecer un trayecto de comunicación entre pares de redes de área local para la transmisión de datos, en el que el trayecto de comunicación incluye uno o varios enlaces inalámbricos; transmitir datos a lo largo del trayecto de comunicación; monitorizar la calidad de la transmisión de dichos uno o varios enlaces inalámbricos en ambos sentidos para obtener un indicador de

funcionamiento medido; intercambiar periódicamente indicadores de funcionamiento entre nodos en cada extremo del trayecto de comunicación; mantener un histórico de los indicadores de funcionamiento en cada nodo, de modo que cada nodo tiene un conocimiento completo de los parámetros de funcionamiento en ambos sentidos; y llevar a cabo un procedimiento de control adecuado para mantener el funcionamiento de transmisión requerido en base a un conocimiento de los indicadores de funcionamiento en ambos sentidos.

Los ejemplos se refieren a un método y un aparato para mantener una calidad de transmisión predefinida para la transmisión de datos en una red de área metropolitana (MAN) inalámbrica. Cada una de una serie de redes de área local (LAN) están acopladas a un encaminador correspondiente. Cada encaminador está acoplado a uno o varios transceptores para interconectar los encaminadores mediante enlaces de comunicación inalámbrica, formando de ese modo la MAN. Los datos a comunicar sobre la MAN son generados por un usuario o una aplicación en un nodo de origen de una LAN de origen, y son comunicados a un encaminador de origen acoplado a la LAN de origen. Los datos se utilizan para modular una señal portadora. Un transceptor para el encaminador de origen transmite la señal modulada a lo largo de un trayecto de uno o varios enlaces de comunicación inalámbrica hasta un receptor de un encaminador de destino para los datos.

Si el trayecto incluye más de un enlace inalámbrico, uno o varios encaminadores intermediarios recibirán y retransmitirán la señal modulada a lo largo del trayecto. El encaminador de destino desmodula la señal y comunica los datos a un nodo de destino dentro de la LAN de destino.

Cada encaminador está acoplado a uno o varios de los enlaces inalámbricos sobre los que el encaminador puede transmitir selectivamente datos. Además, cada encaminador almacena una tabla representativa de la topología de toda la MAN. Cada encaminador recibe índices detectados representativos de la calidad de transmisión de los enlaces inalámbricos en la MAN, e índices detectados representativos de la demanda de la red. En base a la topología almacenada y a los índices detectados, cada encaminador determina un modo del que han de transmitirse los datos sobre uno seleccionado de los enlaces inalámbricos correspondientes.

A diferencia de las comunicaciones inalámbricas convencionales, la presente invención mantiene una disponibilidad global del 99,99% o mayor, mediante adaptar el modo de transmisión y el trayecto de transmisión a condiciones ambientales y otras (mediante detectar la calidad de transmisión) y a las demandas impuestas sobre la red (mediante la detección de cargas de tráfico) y mediante apoyarse en la naturaleza tolerante al retardo de las comunicaciones de conmutación de paquetes. Como resultado, puede construirse una MAN acorde con la presente invención que es extremadamente eficiente, en términos de coste, potencia y utilización del ancho de banda a efectos de conseguir una mayor cobertura y una mayor densidad de la red.

Se da a conocer un ejemplo de adaptación del modo de transmisión a la calidad de transmisión detectada. La intensidad de la señal recibida sobre cada enlace de comunicación inalámbrica se monitoriza periódicamente para determinar si la intensidad de la señal recibida está dentro de un intervalo predefinido. Si la intensidad de la señal queda fuera del intervalo, la potencia a la que se transmite la señal modulada es regulada para devolver la intensidad de la señal a dicho intervalo. Además, se monitoriza la tasa de error para los datos recibidos sobre cada enlace.

Si la intensidad de la señal recibida para un enlace de comunicación permanece por debajo del intervalo predefinido a pesar de haber ajustado la potencia de transmisión al máximo nivel permisible, y si la tasa de error de los datos recibidos sobre el enlace inalámbrico se acerca a un límite predefinido o lo supera, se utilizan una o varias técnicas para reducir la tasa de error manteniendo al mismo tiempo un caudal global de la red suficientemente elevado. Una primera técnica para reducir la tasa de error es reducir la velocidad a la que se comunican los datos a lo largo de un trayecto. Una segunda técnica para reducir la tasa de error consiste en modificar un nivel de modulación de la señal transmitida a lo largo del trayecto. Una tercera técnica para reducir la tasa de error es modificar un esquema de codificación con corrección de errores utilizado para los datos comunicados a lo largo del trayecto. Una cuarta técnica es utilizar ensanchamiento del espectro para comunicar los datos a lo largo del trayecto.

Cada una de estas técnicas para reducir la tasa de errores para los datos comunicados a lo largo de un trayecto de comunicación se utiliza dinámicamente, de manera individual o en combinación, a efectos de mantener una tasa de error para los datos inferior al límite predefinido manteniendo al mismo tiempo un ancho de banda de comunicación de los datos suficiente para afrontar la demanda impuesta sobre la MAN. Mediante transmitir datos sobre cada enlace a una potencia relativamente baja, y mediante utilizar codificación con corrección de errores y ensanchamiento del espectro, la interferencia entre enlaces se mantiene al mínimo, permitiendo una alta densidad de red en la MAN.

Además, se monitoriza asimismo la cantidad de datos comunicados sobre cada enlace. El trayecto de comunicación se selecciona preferentemente de acuerdo con un algoritmo abrir primero el trayecto más corto (OSPF, Open Shortest Path First). Si el trayecto más corto no tiene suficiente ancho de banda disponible o da como resultado una tasa de error excesiva, una técnica para reducir la tasa de error y aumentar la cantidad de datos comunicados es seleccionar uno o varios trayectos alternativos para comunicar por lo menos una parte de los datos. Preferentemente, los trayectos alternativos se seleccionan de manera que sean los siguientes trayectos más cortos disponibles.

Breve descripción de los dibujos:

La figura 1 muestra una representación esquemática de un área metropolitana en la que la presente invención forma una red de área metropolitana (MAN).

Las figuras 2A-F muestran topologías MAN representativas, según la presente invención.

5 La figura 3 muestra un diagrama de bloques funcional de un encaminador, según la presente invención, acoplado a una red de área local (LAN).

La figura 4 muestra un diagrama de bloques funcional de un sistema exterior, según la presente invención, que incluye un transceptor de frecuencia radioeléctrica.

10 La figura 5 muestra un diagrama de flujo, según la presente invención, para mantener la calidad de transmisión en un enlace inalámbrico.

La figura 6 muestra la relación de temporización entre la RSL monitorizada y la potencia transmitida, de la operación correspondiente al diagrama de flujo de la figura 5, durante un periodo de desvanecimiento por lluvia intensa.

Descripción detallada de una realización preferida:

15 La figura 1 muestra un ejemplo de un área metropolitana 100 en la que la presente invención forma una red de área metropolitana (MAN). Dentro de un área geográfica o metropolitana 100 están situados varios emplazamientos 102-118. Cada emplazamiento 102-118 puede ser un edificio de oficinas, un polígono industrial, una fábrica, una central empresarial, una sucursal, un almacén u otra instalación. Cada emplazamiento 102-118 tiene una o varias redes de área local (LAN) situadas dentro del emplazamiento 102-118. Un encaminador 300 (figura 3) según la presente invención está acoplado a cada LAN, mientras que uno o varios sistemas exteriores 400 (figura 4) según la presente invención están acoplados a cada encaminador 300. Los encaminadores 300 están situados preferentemente en salas de cableado de los emplazamientos 102-118, a efectos de facilitar la conexión de los encaminadores 300 a las LAN. Cada uno de los sistemas exteriores 400 incluye un transceptor inalámbrico para comunicar datos entre los emplazamientos 102-118. Cada sistema exterior 400 está situado preferentemente dentro de un alojamiento 102A-118A sobre las azoteas de los emplazamientos 102-118.

25 Conjuntamente, cada encaminador 300 y su unidad o unidades exteriores asociadas 400 forman un nodo de la MAN. Los nodos están interconectados mediante enlaces de comunicación inalámbrica. Pueden conseguirse múltiples enlaces de comunicación simultáneos para un nodo mediante proporcionar múltiples sistemas exteriores 400 para un emplazamiento. Si bien en la figura 1 se muestran nueve emplazamientos 102-118, se comprenderá que la MAN puede incluir más o menos emplazamientos, dependiendo de la geografía del área metropolitana 100 y del número de LAN a interconectar. Por lo tanto, los datos que se originan en un nodo de una LAN situada en uno de los emplazamientos 102-118 pueden comunicarse sobre la MAN a otros nodos en otros de los emplazamientos 102-118. Si bien la presente invención está configurada preferentemente para un área metropolitana, se apreciará que bajo ciertas circunstancias, la red puede escalarse a una región mayor o menor. Por ejemplo, la presente invención podría aplicarse entre dos o más áreas metropolitanas, o podría aplicarse a zonas geográficas menores, tal como un campus universitario o empresarial. Además, uno o varios de los emplazamientos pueden configurarse para comunicar datos con un satélite geosíncrono. En tal caso, el satélite puede constituir un repetidor para interconectar MAN ubicadas remotamente a través de conexiones por satélite. En tal caso, las conexiones por satélite pueden funcionar según la presente invención o según técnicas conocidas.

40 Las figuras 2A-F muestran topologías MAN representativas, según la presente invención, para interconectar nodos A-E. La figura 2A muestra el sistema más simple con una topología punto a punto para interconectar los nodos A y B. La figura 2B muestra una topología lineal para interconectar nodos A-D. La figura 2C muestra una topología en anillo para interconectar nodos A-D. La figura 2D muestra una topología en anillo para interconectar nodos A-D con un enlace cruzado entre los nodos B y D. La figura 2E muestra una topología en estrella para interconectar nodos A-E. La figura 2F muestra una topología en estrella para interconectar los nodos A-E con los nodos B-E, interconectados asimismo en una topología en anillo. Resultará evidente que pueden construirse topologías adicionales según la invención, para interconectar cualquier cantidad de nodos en base a las topologías mostradas en las figuras 2A-F, y que pueden construirse otras topologías según la presente invención además de las mostradas.

50 En general, mediante proporcionar un gran número de enlaces con respecto al número de nodos, se aumenta la capacidad y la fiabilidad de la MAN aunque se incrementa asimismo su coste. Por ejemplo, la topología mostrada en la figura 2B requiere un número mínimo de enlaces para conectar los nodos A-D, de manera que la topología de la figura 2B puede construirse a un coste mínimo. Sin embargo, debe observarse que en la figura 2B los datos comunicados entre los nodos A y D deben atravesar los nodos B y C. Por lo tanto, la comunicación de datos tenderá a concentrarse en el enlace entre los nodos B y C, limitando la capacidad total de la red. Además, no existen trayectos de comunicación alternativos que puedan utilizarse para evitar un enlace de comunicación que está degradado debido a una precipitación meteorológica, o para evitar un enlace que está inoperativo debido a la avería de un componente. En cambio, según la topología mostrada en la figura 2C, pueden comunicarse datos

directamente entre los nodos A y D. El enlace adicional entre los nodos A y D proporciona un trayecto alternativo para los datos, expandiendo, por lo tanto, la capacidad y la fiabilidad totales de la red. Sin embargo, debe observarse que en la MAN mostrada en la figura 2C, los datos comunicados entre los nodos B y D tienen que pasar a través del nodo A o del nodo C. El enlace cruzado mostrado en la figura 2D proporciona un trayecto adicional para comunicar datos directamente entre los nodos B y D, expandiendo adicionalmente la capacidad y la fiabilidad de la red. Si se desea, puede añadirse otro enlace a la figura 2D para comunicar datos directamente entre los nodos A y C. Además, pueden disponerse enlaces redundantes entre pares de nodos de la MAN. Mediante disponer trayectos alternativos de comunicación de datos, los datos comunicados en la red pueden ser encaminados para evitar enlaces de comunicación que están degradados temporalmente debido a condiciones ambientales, congestionados temporalmente debido a grandes cantidades de demandas sobre la red, o inoperativos debido a una avería de un componente.

Debe observarse que la topología de la red puede configurarse para aprovechar el conocimiento sobre la demanda que se espera reciba la red. Por ejemplo, asúmase que se sabe que la central debe comunicar grandes cantidades de datos con cada una de las diversas sucursales, pero que las sucursales comunican menos datos entre ellas. Una topología en estrella, tal como la que se muestra en la figura 2E, es muy adecuada para dicha MAN si la central está situada en el nodo A y las sucursales están situadas en los nodos B-E. Sin embargo, debe observarse que pueden utilizarse otras topologías de red, tal como una topología en anillo (mostrada en las figuras 2C ó 2D), para una MAN con una central y una sucursal. En la topología en estrella, los datos se comunican directamente entre cada sucursal y la central, si bien los datos comunicados entre sucursales deben comunicarse indirectamente a través de la central. Sin embargo, si cada una de las sucursales debe asimismo comunicar grandes cantidades de datos con las otras, pueden utilizarse enlaces adicionales, tal como se muestra en la figura 2F. La red mostrada en la figura 2F tiene una gran capacidad y fiabilidad debido al gran número de trayectos de comunicación alternativos. Por ejemplo, los datos comunicados entre los nodos B y D pueden atravesar el nodo E, el nodo A o el nodo C.

Por consiguiente, puede diseñarse una topología de red para interconectar un número dado de nodos con un número de enlaces seleccionado para proporcionar los suficientes trayectos de comunicación alternativos para que la red tenga una capacidad y una fiabilidad suficientes, minimizando al mismo tiempo los costes asociados. Debe observarse que pueden añadirse enlaces adicionales a la MAN existente, a efectos de hacer frente a aumentos en la demanda. Además, nodos no conectados a la LAN pueden funcionar exclusivamente como estaciones repetidoras para aumentar el número de trayectos de comunicación alternativos y para transmitir datos a largas distancias.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques funcional de un encaminador 300 según la presente invención, acoplado a una LAN 302. El encaminador 300 incluye varios bloques funcionales 304-318 interconectados mediante una interconexión 320. Las funciones de los bloques 304-318 pueden implementarse mediante circuitos de equipamiento físico, en cuyo caso, la interconexión 320 representa un bus de comunicación. Alternativamente, las funciones realizadas mediante los bloques 304-318 pueden implementarse mediante un procesador que funciona según un programa de soporte lógico almacenado. El encaminador 300 puede fabricarse como una unidad dedicada independiente, o el encaminador 300 puede fabricarse añadiendo una o varias placas de circuito y soporte lógico a un sistema existente de ordenador personal.

La LAN 302 puede funcionar según cualquier protocolo LAN, si bien se prefiere Ethernet debido a su utilización generalizada en los emplazamientos existentes, debido en parte a que las LAN Ethernet utilizan generalmente cableado telefónico preexistente en muchos edificios. A nivel de control de acceso al medio (MAC, medium access control), Ethernet transmite datos en paquetes según un protocolo CSMA/CD. Cada paquete de datos de Ethernet incluye generalmente un preámbulo, una dirección del nodo de destino, una dirección del nodo de origen, un campo de datos y un campo de verificación de datos.

El encaminador 300 se interconecta con la LAN 302 como si el encaminador 300 fuera un nodo adicional en la LAN 302. De este modo, el encaminador 300 puede enviar y recibir paquetes de datos hacia y desde los otros nodos de la LAN 302, según el protocolo de comunicación de la LAN 302. La LAN 302 está interconectada con el encaminador 300 a través de la interfaz 308 de la LAN. La interfaz 308 de la LAN monitoriza paquetes de datos de la LAN 302; si la dirección del nodo de destino de un paquete indica que el paquete está destinado a un nodo contenido en una LAN diferente a la LAN 302, la interfaz 308 de la LAN acepta el paquete de datos. Si la dirección del nodo de destino indica que el paquete de datos está destinado a un nodo comprendido dentro de la LAN 302, la interfaz 308 de la LAN ignora el paquete.

Los paquetes de datos recibidos desde la LAN 302 son almacenados en la memoria tampón 318 y acondicionados para su transmisión sobre la MAN bajo el control del control 306 del sistema. Este acondicionamiento puede incluir transformar el formato de los datos en un formato adecuado para su transmisión sobre la MAN. Dicha transformación puede ser necesaria si la LAN 302 incluye un tipo de LAN diferente a Ethernet.

La tabla de encaminamiento 304 almacena datos representativos de la topología de la MAN, que incluyen una tabla que identifica qué encaminador de la MAN está acoplado a cada nodo de cada LAN interconectada mediante la MAN. El encaminador 300 lee la dirección de destino contenida en el paquete recibido desde la LAN 302 y utiliza la tabla 304 de encaminamiento para determinar qué encaminador (encaminador de destino) de la MAN está acoplado a la LAN que incluye el nodo de destino. A continuación, se añade una cabecera al paquete de datos, que identifica

el encaminador de destino que debe recibir el paquete. Puede añadirse asimismo un campo adicional de verificación de datos a cada paquete, encapsulando el paquete de datos original.

5 A continuación, el paquete es comunicado sobre uno apropiado de los enlaces 322A-C a un sistema exterior adecuado 400 (figura 4). Si existe más de un sistema exterior 400, se selecciona el sistema exterior 400 apropiado según el algoritmo 312 de encaminamiento y según la tabla 304 de encaminamiento. El algoritmo 312 de encaminamiento incluye preferentemente un algoritmo de abrir primero el trayecto más corto (OSPF), aunque pueden, no obstante, seleccionarse trayectos alternativos en base a condiciones de calidad de transmisión detectadas y niveles de tráfico en la MAN, tal como se explica en la presente memoria.

10 Cuando el sistema exterior adecuado 400 (figura 4) está disponible para transmitir los datos, estos son proporcionados al sistema exterior adecuado 400 mediante la interfaz 316 de sistemas exteriores a través de uno seleccionado de los enlaces 322A-C. Aunque la interfaz 316 de sistemas exteriores se muestra en la figura 3 estando capacitada para interconectar el encaminador 300 con hasta tres sistemas exteriores 400 a través de los enlaces 322A-C, resultará evidente que pueden disponerse más o menos enlaces 322A-C y, por lo tanto, pueden interactuar más o menos sistemas exteriores 400 con un único encaminador 300. Preferentemente, los enlaces 15 322A-C funcionan según estándares de Ethernet de alta velocidad, tal como 100 BASE-TX, 100 BASE-FX o 100 BASE-T4, si bien pueden utilizarse otros estándares, tales como 10 BASE-T o 10 BASE-F. Debido a que el encaminador 300 está ubicado preferentemente en una sala de cableado y dichos uno o varios sistemas exteriores 400 están situados preferentemente en una azotea, los enlaces 322A-C se extenderán generalmente desde la sala de cableado hasta la azotea. Los paquetes de datos para comunicación sobre la MAN; las órdenes para comunicación entre el encaminador 300 y el sistema exterior 400 (órdenes de nodo); y las órdenes para comunicación entre los encaminadores 300 (órdenes de red) son todos ellos comunicados sobre los enlaces 322A-C en los momentos adecuados.

25 La figura 4 muestra un diagrama de bloques funcional de un sistema exterior 400, según la presente invención. Los paquetes de datos procedentes de la interfaz 316 de sistemas exteriores (figura 3) del encaminador 300 son recibidos desde uno respectivo de los enlaces 322A-C mediante una interfaz 402 de encaminador y transferidos a un procesador de banda base 404. El procesador de banda base 404 modifica selectivamente la velocidad binaria de los paquetes de datos, realiza selectivamente codificación con corrección de errores sobre los paquetes de datos y realiza selectivamente ensanchamiento del espectro sobre los paquetes de datos, según proceda. Preferentemente, el procesador de banda base 404 puede asimismo cifrar selectivamente los datos de acuerdo con técnicas de cifrado conocidas, por razones de seguridad de los datos. A continuación, los paquetes de datos son transferidos a la sección de desmodulador 408A de un modulador/desmodulador 408. La sección de modulador 408A modula adecuadamente los datos en una señal portadora de radiofrecuencia, según un esquema de modulación seleccionado, formando una señal modulada.

35 A continuación la señal modulada es sometida a conversión ascendente, amplificada y transmitida sobre un enlace de comunicación inalámbrica de la MAN mediante una sección de transmisor 410A de un transceptor 410 de radiofrecuencia (RF). El transceptor 410 está acoplado a una antena 412 para este propósito. Preferentemente, se utiliza una antena de alta ganancia, direccional, para alcanzar distancias de hasta 10 kilómetros. Este alcance está relacionado con la frecuencia de transmisión preferida de 38 GHz, aunque puede utilizarse una frecuencia de transmisión menor, lo cual tendría como resultado una mayor distancia máxima de transmisión. Análogamente, una frecuencia de transmisión mayor de 38 GHz puede utilizarse asimismo para corto alcance. El transceptor 410 está configurado para regular la potencia a la que se transmite la señal portadora modulada. La potencia se regula bajo el control del control 306 del sistema (figura 3) del encaminador 300, mediante enviar comandos de nodo al sistema exterior 400 sobre aquel apropiado de entre los enlaces 322A-C.

45 Los paquetes de datos recibidos desde el enlace inalámbrico son captados por la antena 412 y recibidos mediante una estación receptora 410B del transceptor 410 de radiofrecuencia. La señal recibida es desmodulada adecuadamente mediante una sección de desmodulador 408B del bloque 408 de modulador/desmodulador, invirtiendo la modulación que se realizó sobre los datos antes de que estos fueran transmitidos sobre el enlace inalámbrico. A continuación, los datos desmodulados son transferidos al procesador de banda base 404 que descodifica adecuadamente los datos, aplica corrección de errores a los datos, e invierte cualesquiera ensanchamiento del espectro o cifrado aplicados a los datos antes de que fueran transmitidos sobre el enlace. A continuación, el paquete de datos es comunicado al encaminador 300 mediante la interfaz 402 del encaminador.

50 Un monitor 406 de la calidad de transmisión está acoplado a la interfaz 402 del encaminador, al procesador de banda base 404, al modulador/desmodulador 408 y al transceptor de RF 410. El monitor 406 de la calidad de transmisión monitoriza de diversas maneras la calidad del enlace de transmisión inalámbrica desde el que se han recibido los datos. Por ejemplo, el monitor 406 de la calidad de transmisión calcula la tasa de error de bit (BER, bit error rate) en base a errores de datos notificados al monitor 406 de la calidad de transmisión mediante el procesador de banda base 404. Además, el monitor 406 de la calidad de transmisión puede monitorizar la intensidad de la señal recibida (RSL, received signal strength) procedente del receptor 410B y la relación señal/ruido (SNR, signal-to-noise ratio) de la señal recibida del desmodulador 408B. Pueden monitorizarse asimismo otros parámetros de funcionamiento, tales como la varianza de grupo, la apertura de ojo, el cómputo de errores no corregidos, y así sucesivamente.

En la presente memoria se considera que los parámetros de funcionamiento, tales como la BER, la RSL y la SNR, constituyen un indicador del funcionamiento del enlace inalámbrico en el sentido de la recepción.

El monitor 406 de la calidad de transmisión notifica periódicamente al encaminador 300 el indicador del funcionamiento monitorizado. El monitor 406 de la calidad de transmisión envía asimismo el indicador del funcionamiento medido a su contraparte en el otro nodo del enlace inalámbrico, de manera que ambos nodos tienen un conocimiento completo de los parámetros de funcionamiento en ambos sentidos de la comunicación. A continuación, el monitor 406 de la calidad de transmisión lleva a cabo un procedimiento de control adecuado descrito en la presente memoria, a efectos de mantener el funcionamiento de transmisión requerido. Por ejemplo, haciendo referencia al enlace inalámbrico que conecta los nodos B y C en la figura 2C, el monitor 406 de la calidad de transmisión del nodo B envía periódicamente su funcionamiento monitorizado al monitor 406 de la calidad de transmisión del nodo C, y viceversa. Los monitores 406 de la calidad de transmisión de ambos nodos mantienen un histórico de los indicadores del funcionamiento, para análisis adicionales del funcionamiento y de fallos, realizados por ellos mismos o por el procesador 314 de la calidad de transmisión. Cuando los valores de los indicadores del funcionamiento se intercambian periódicamente, existe una forma integrada de transmisión repetitiva y transmisión con diversidad. Tal como se utilizan en la presente memoria, transmisión repetitiva hace referencia a la transmisión de datos de forma redundante, mientras que transmisión con diversidad hace referencia al envío de datos de acuerdo con múltiples formatos diferentes. Como resultado, la presente invención detecta rápidamente cambios en el indicador del funcionamiento y responde adecuadamente a dichos cambios. Por consiguiente, cualquier cambio brusco en los datos recién recibidos es filtrado inmediatamente.

Cada procesador 314 de la calidad de transmisión puede estar acoplado a más de un sistema exterior 400, y por lo tanto, cada encaminador 300 puede recibir transmisiones de indicadores del funcionamiento desde estos más de un enlace inalámbrico. Además, cada procesador 314 de la calidad de transmisión puede recibir mediante órdenes de red indicadores del funcionamiento de otros enlaces en la MAN. Por consiguiente, cada procesador 314 de la calidad de transmisión puede analizar la calidad de transmisión global (de toda la MAN) de los enlaces inalámbricos en la MAN y puede determinar una respuesta adecuada en base a condiciones de calidad actuales para cada uno de los enlaces inalámbricos acoplados al encaminador 300, a condiciones de calidad anteriores para cada uno de los enlaces inalámbricos acoplados al encaminador 300 y en base a condiciones de calidad actuales o anteriores para otros enlaces inalámbricos, notificadas mediante otro u otros encaminadores de la MAN.

Los paquetes de datos comunicados al encaminador 300 desde el sistema exterior 400 son recibidos mediante la interfaz 316 de sistemas exteriores del encaminador 300. Mediante examinar la cabecera adjunta al paquete, la interfaz 316 de sistemas exteriores determina si el encaminador 300 es un encaminador intermediario en el trayecto de comunicación para el paquete, y si la LAN 302 es el destino final para el paquete de datos. Si la LAN 302 es el destino final para el paquete de datos, el paquete es acondicionado para su comunicación a la LAN 302. Este acondicionamiento incluye la eliminación de la cabecera adicional que se añadió al paquete de datos antes de la transmisión. El paquete de datos es almacenado en la memoria tampón 318 hasta que la LAN 302 está disponible para recibir el paquete.

Si la LAN 302 no es el destino final para el paquete, el encaminador 300 es un encaminador intermediario en el trayecto de comunicación para el paquete de datos. En tal caso, la interfaz 316 de sistemas exteriores almacena el paquete en la memoria tampón 318. Cuando está acoplado más de un sistema exterior 400 al encaminador 300, el algoritmo de encaminamiento 312 determina a continuación a cuál de estos sistemas exteriores 400 comunicar el paquete para transmisión sobre la MAN. Esta determinación se basa en un algoritmo OSPF que utiliza la tabla 304 de encaminamiento y el algoritmo 312 de encaminamiento, y en condiciones detectadas de calidad de transmisión y niveles de tráfico en la MAN. Cuando el sistema exterior adecuado 400 está disponible para retransmitir el paquete al siguiente encaminador en el trayecto de comunicación para el paquete, el paquete es recuperado de la memoria tampón 318 mediante la interfaz 316 de sistemas exteriores y proporcionado al sistema exterior adecuado 400, que retransmite los datos sobre la MAN.

La cantidad de tráfico de datos a través del encaminador 300 (datos transmitidos y recibidos mediante el encaminador 300) es monitorizada mediante la monitorización y el control 310 de tráfico en base la cantidad de datos almacenados en la memoria tampón 318 y eliminados de la misma, y a la frecuencia con la que los datos son almacenados en la memoria tampón 318 y eliminados de la misma. La cantidad de tráfico de datos es utilizada por el algoritmo 312 de encaminamiento para encaminar adecuadamente los datos en la MAN. La cantidad de datos es la demanda de la red sobre el nodo. El control 306 del sistema puede comunicar periódicamente indicadores del funcionamiento y la demanda de red detectadas a los otros encaminadores de la MAN a través de paquetes de órdenes de red. Si bien el procesador 314 de la calidad de transmisión y el control 306 de sistemas se muestran como partes del encaminador 300, pueden implementarse asimismo como funciones de soporte lógico ubicadas en una estación de trabajo o en un ordenador de red conectado a la red. Preferentemente, la sobrecarga asociada con la comunicación de los paquetes de órdenes de red es menor del dos por ciento de la capacidad total de caudal de datos de la MAN.

Para un funcionamiento normal, la BER de los enlaces inalámbricos en toda la MAN se mantiene preferentemente por debajo de un umbral aceptable. La disponibilidad del enlace se define como el porcentaje de tiempo de funcionamiento normal. Por ejemplo, una disponibilidad del enlace del 99,99% y una BER umbral requerida de 10^{-9}

implica que durante el 99,99% del tiempo, la BER de los enlaces inalámbricos en toda la MAN se mantiene por debajo de 10^{-9} . En la MAN se prefiere una disponibilidad del enlace elevada y un umbral BER reducido. En condiciones de cielo despejado, la atenuación de la señal se debe principalmente a una pérdida de propagación en el espacio libre. La potencia de la señal transmitida deberá ser lo suficientemente alta como para mantener la BER por debajo de un umbral aceptable. Sin embargo, en una situación anómala, pueden introducirse pérdidas adicionales (desvanecimiento por lluvia) mediante cambios atmosféricos tales como lluvia, niebla, capa límite atmosférica y así sucesivamente. Por lo tanto, con el fin de mantener un funcionamiento normal en una condición anómala, el transmisor debe funcionar con una potencia transmitida superior a la necesaria en una situación de cielo despejado. La diferencia entre la potencia de la señal transmitida y la que se requiere en una situación de cielo despejado se conoce como el margen de desvanecimiento. Una disponibilidad del enlace requerida mayor o un alcance más largo requieren un mayor margen de desvanecimiento. Dado que la atenuación de señal debida a la lluvia es muy alta sobre las bandas de radiofrecuencias altas, tal como 38 GHz, un diseño de enlace inalámbrico tradicional basado en el margen de desvanecimiento requiere de una potencia transmitida excesivamente elevada o proporciona un alcance impracticablemente corto para conseguir la elevada disponibilidad requerida. La presente invención presenta un método y un aparato novedosos para conseguir tanto un largo alcance como una disponibilidad del enlace elevada con baja potencia transmitida, mediante la utilización de una combinación de las técnicas de modulación adaptativa, codificación con corrección de errores de baja velocidad y reducción de la velocidad de datos, para compensar el desvanecimiento por lluvia. Además, mediante incluir una estrategia de encaminamiento inteligente en la que los datos se comunican entre nodos a través de uno o varios trayectos seleccionados adecuadamente (diversidad de enlace), la presente invención aumenta la capacidad y la fiabilidad de la MAN.

Mediante utilizar una combinación de control de potencia adaptativo, reducción de la velocidad de datos, reducción del nivel de modulación y codificación con corrección de errores de baja velocidad, puede conseguirse un alcance mayor a una potencia transmitida baja, tal como se describe en la presente memoria. Considérese, a modo de ejemplo, que se utiliza un esquema de modulación de amplitud en cuadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation) M-ésimo programable, en el modulador/desmodulador 408 de la figura 3. Por ejemplo, se asume que se utiliza 16QAM para transportar Ethernet de alta velocidad dúplex de 100 Mb/s sobre un enlace inalámbrico en la MAN. Para conseguir una BER de más de 10^{-4} , la RSL debe mantenerse por encima de un nivel umbral predeterminado, denominado en la presente memoria RSL 16. Además, para evitar una degradación del funcionamiento debido a distorsiones no lineales AM-a-AM y AM-a-PM, la potencia transmitida se mantiene preferentemente en 6 dB o más por debajo del punto de compresión de 1 dB del amplificador de potencia para 16QAM. El punto de compresión de 1 dB se refiere a una señal de entrada aplicada al amplificador de potencia que tiene como resultado una señal de salida que está 1 dB por debajo de la que se esperaría si el amplificador de potencia tuviera una ganancia lineal.

En un intervalo de tiempo dado durante desvanecimientos por lluvia, si la BER y la RSL monitorizadas de un enlace concreto se están aproximando a sus niveles umbral predefinidos (por ejemplo, 10^{-4} y RSL16), se invocan las contramedidas adecuadas con el fin de mejorar el funcionamiento del enlace y mantener la disponibilidad del enlace necesaria. Las contramedidas pueden ser una o varias de las siguientes: reducir momentáneamente la velocidad de transmisión del enlace, reducir el nivel de modulación y/o introducir una codificación con corrección de errores de baja velocidad. Por ejemplo, si en respuesta a un desvanecimiento por lluvia, el enlace funciona a una velocidad de transmisión que se ha reducido a 50 Mb/s, y con un nivel de modulación que se ha reducido 4QAM, su umbral de RSL para 10^{-4} , denominado en la presente memoria RSL4, está 8 dB por debajo del umbral RSL16. Además, dado que 4QAM puede tolerar más distorsiones no lineales AM-a-AM y AM-a-PM, la potencia transmitida puede aumentarse hasta 2 dB por debajo del punto de compresión de 1 dB del amplificador de potencia. En otras palabras, con el mismo amplificador de potencia, la potencia transmitida utilizable para 4QAM es 4 dB mayor que en el caso de 16QAM. Por lo tanto, mediante conmutar de 100 Mb/s, 16QAM a 50 Mb/s, 4QAM, la ganancia de la red en RSL es de 12 dB. Por consiguiente, el enlace puede mantener la disponibilidad requerida independientemente de un aumento de 12 dB en la atenuación de la señal debida a desvanecimiento por lluvia.

Mediante reducir adicionalmente la velocidad de transmisión a 6,25 Mbps y utilizando 4QAM, la ganancia en la reducción de velocidad es de 9 dB en comparación con el caso de 50 Mbps y 4QAM. Además, para el mismo ancho de banda ocupado, puede utilizarse un esquema de codificación con corrección de errores de baja velocidad, tal como el código convolutivo súper-ortogonal, a efectos de obtener una ganancia de codificación adicional de 5 dB. Además, puede utilizarse ensanchamiento del espectro junto con reducción de la velocidad de datos a efectos de reducir la interferencia entre enlaces de comunicación. En otras palabras, el funcionamiento a 6,25 Mb/s y 4QAM proporciona una ganancia global de 14 dB en comparación con 50 Mb/s, 4QAM, o de 26 dB en comparación con 100 Mb/s, 16QAM.

La ganancia obtenida se utiliza para compensar el aumento en la atenuación de señal debido a lluvia durante un periodo de tiempo relativamente corto. Por ejemplo, considérese una disponibilidad objetivo del 99,99% para un enlace inalámbrico al que se requiere proporcionar Ethernet de alta velocidad dúplex de 100 Mb/s. Según las técnicas de diseño convencionales, para mantener la disponibilidad requerida, dicho enlace tendría un balance de potencia de enlace que incluye un gran margen de desvanecimiento para un funcionamiento fijado a 100 Mb/s. Por contraste, según la presente invención, puede conseguirse una disponibilidad del enlace del 99,9% proporcionando al mismo tiempo un alcance comparativamente mayor para funcionamiento a 100 Mb/s, 16QAM. Además, mediante

la presente invención puede proporcionarse una mayor disponibilidad del enlace del 99,99% para un funcionamiento o a una velocidad de datos menor y un nivel de modulación menor.

La naturaleza de conmutación de paquetes de Ethernet es utilizada ventajosamente por la presente invención en la MAN. Por ejemplo, las comunicaciones con conmutación de paquetes tienden a producirse a ráfagas porque la demanda de red puede ser caracterizada por periodos de demanda relativamente elevada y periodos de demanda relativamente reducida. Además, las comunicaciones con conmutación de paquetes tienden asimismo a ser algo tolerantes con el retardo debido a que los paquetes pueden ser almacenados temporalmente antes de ser retransmitidos (almacenamiento y retrasmisión). Por consiguiente, mediante la presente invención puede conseguirse una disponibilidad global del 99,99% en una MAN que proporciona la velocidad de transmisión máxima (por ejemplo, 100 Mb/s) el 99,9% del tiempo y una velocidad de transmisión reducida (por ejemplo, 50 Mb/s ó 6,25 Mb/s) el 0,09% restante del tiempo, para mantener un funcionamiento aceptable durante desvanecimientos por lluvia intensa. Si durante dichos desvanecimientos por lluvia intensa, el flujo de tráfico real sobre dicho enlace está por debajo de la velocidad de transmisión reducida, no se requiere ninguna acción adicional. Sin embargo, si la demanda sobre dicho enlace excede la velocidad de transmisión reducida, el encaminador 300 redirige el exceso de tráfico a otros enlaces, alternativos, de la MAN. Los paquetes de datos se transmiten preferentemente según un algoritmo de abrir primero el trayecto más corto (OSPF). Por lo tanto, si el trayecto de comunicación más corto entre un encaminador de origen y un encaminador de destino tiene el suficiente ancho de banda disponible, todos los datos serán transmitidos a lo largo de este trayecto más corto. Sin embargo, si el trayecto más corto carece momentáneamente de la capacidad de transmisión suficiente para alojar el flujo de tráfico actual debido a dicha velocidad de datos reducida, todos los paquetes de datos o una selección de los mismos pueden ser encaminados a lo largo de un trayecto de comunicación alternativo, más largo pero menos ocupado. Preferentemente, se seleccionan trayectos de comunicación alternativos como los siguientes trayectos más cortos.

Debe observarse que en un enlace de comunicación inalámbrica convencional si, en un área dada, se requiere un margen de desvanecimiento de 9 dB/km para mantener una disponibilidad del 99,9%, entonces éste ha de aumentarse a 24 dB/km para mantener una disponibilidad del 99,99%. Por lo tanto, a diferencia de las comunicaciones inalámbricas convencionales, la presente invención mantiene una disponibilidad global del 99,99% o mayor, mediante adaptar el modo de transmisión y el trayecto de transmisión a las condiciones ambientales (mediante detectar la calidad de transmisión) y a la demanda experimentada por la red (mediante la detección de cargas de tráfico) y mediante apoyarse en la naturaleza tolerante al retardo de las comunicaciones de conmutación de paquetes. Como resultado, puede construirse una MAN según la presente invención, que es mucho más eficiente en términos de coste, potencia y utilización del ancho de banda, que en la técnica anterior, para cubrir una distancia sustancialmente más larga. Por ejemplo, para conseguir una disponibilidad del enlace objetivo del 99,99% con una potencia de transmisión de 50mW en un área dada, el diseño del balance de enlace convencional basado en un margen de desvanecimiento fijo de 100 Mb/s, 16QAM puede proporcionar un alcance esperado de 3,5 km. Para las mismas potencia transmitida y condiciones ambientales, la presente invención con técnicas adaptativas de contramedida de desvanecimiento por lluvia puede proporcionar un alcance esperado de 5 km ó 7 km con una velocidad reducida durante periodos cortos de desvanecimientos por lluvia intensa de 50 Mb/s ó 6,25 Mb/s, respectivamente.

Como un ejemplo ilustrativo de la implementación de un procedimiento de monitorización y control según la presente invención, las figuras 5 y 6 muestran respectivamente un diagrama de flujo y relaciones de temporización entre la RSL monitorizada y la potencia transmitida durante un periodo de desvanecimiento por lluvia intensa. Por ejemplo, considérese el enlace inalámbrico entre los nodos B y C en la figura 2C. Los nodos B y C intercambian periódicamente sus indicadores del funcionamiento monitorizados. El diagrama de flujo comienza en el bloque 500 y es seguido por el nodo B, aunque resultará evidente que el nodo C sigue un diagrama de flujo correspondiente. El nodo B mantiene un seguimiento de su propia potencia transmitida y la RSL y la BER monitorizadas del nodo C en el bloque de 501 (figura 5), y viceversa. En condiciones normales, el nodo B establece su potencia transmitida 602 (figura 6) a un nivel nominal 606 para una velocidad de datos de 100 Mb/s y 16QAM. Este nivel nominal 606 se selecciona para que sea lo suficientemente bajo como para evitar efectos no lineales sobre el funcionamiento del enlace, del amplificador de potencia de transmisión del nodo B así como del receptor del nodo C. Para 16QAM, este nivel nominal 606 está preferentemente 6 dB o más, por debajo del punto de compresión de 1 dB del amplificador de potencia. El nivel nominal 606 se selecciona asimismo para asegurar que el enlace de transmisión tiene la calidad suficiente para que la tasa de error de bits (BER) esté generalmente por debajo del nivel máximo predeterminado, evitando al mismo tiempo transmitir la señal a una potencia excesiva que pueda interferir con otros enlaces inalámbricos. Se aplica una disposición similar al nodo C.

Cuando se produce desvanecimiento por lluvia sobre el enlace entre los nodos B y C, la RSL tanto del nodo B como del nodo C tiende a reducirse. Cuando la RSL del nodo C 601 (figura 6) se está aproximando al valor umbral RSL_{16} 604, la BER monitorizada tiende asimismo a aumentar. En el bloque 502 (figura 5), el nodo B compara continuamente la RSL monitorizada del nodo C 601 con un nivel de alerta predeterminado RSL_w 603 (figura 6), donde RSL_w se selecciona para que sea mayor que RSL_{16} 604. Cuando la RSL monitorizada del nodo C 601 está por debajo del nivel de alerta predeterminado RSL_w 603, el nodo B envía un mensaje de control al nodo C ordenando al nodo C prepararse para conmutar a una velocidad de datos menor y a un nivel de modulación menor (por ejemplo, 50 Mb/s, 4QAM) en el bloque 503 (figura 5). El encaminador del nodo B es acondicionado asimismo para prepararse para el redireccionamiento del exceso de tráfico, si se requiere. Al recibir el mensaje de control

procedente de B, el nodo C se prepara para el cambio y envía a B un mensaje de acuse de recibo. El nodo B recibe el mensaje de acuse de recibo procedente del nodo C, tal como se comprueba en el bloque 504. A continuación, el nodo B aplica a su propia señal transmitida la velocidad de datos reducida y el nivel de modulación menor, de manera coordinada con el nodo C, en el bloque 505. El nodo B aumenta asimismo su potencia transmitida 602 (figura 6) a su nivel máximo para 4QAM 607. La selección del nivel de alerta RSL_w 603 (figura 6) tiene en cuenta el tiempo de retardo 608 para los nodos B y C para procesar e intercambiar órdenes, de manera que la conmutación al funcionamiento con la velocidad de datos reducida y con el nivel de modulación reducido tiene lugar antes de que la RSL caiga por debajo de RSL_{16} . Dado que las mediciones estadísticas indican que la máxima velocidad del desvanecimiento por lluvia es de aproximadamente 0,5 dB/s, el nivel de alerta RSL_w está normalmente relativamente cerca de RSL_{16} .

Asumiendo que el desvanecimiento por lluvia es transitorio, se produce la conmutación de baja velocidad de datos a alta velocidad de datos. El nodo B recibe continuamente del nodo C la RSL y la BER monitorizadas, en el bloque 506 (figura 5). Cuando el desvanecimiento por lluvia se reduce, la RSL aumenta. En el bloque 507 (figura 5), el nodo B compara continuamente la RSL monitorizada del nodo C con un nivel predeterminado RSL_s 605 (figura 6). Cuando la RSL del nodo C 601 (figura 6) supera la del nivel predeterminado RSL_s 605, el nodo B envía al nodo C un mensaje solicitando un cambio a una velocidad de datos mayor y un nivel de modulación aumentado, en el bloque 508 (figura 5). En respuesta a la recepción de este mensaje, el nodo C se acondiciona a sí mismo para prepararse para la velocidad de datos mayor y el nivel de modulación superior, y envía un mensaje de acuse de recibo al nodo B. El nodo B recibe el acuse de recibo procedente del nodo C, tal como se comprueba en el bloque 509 (figura 5). A continuación, el nodo B aplica la velocidad de datos mayor y el nivel de modulación superior a su señal transmitida, de manera coordinada con el nodo C, en el bloque 510. El nodo B reduce asimismo su potencia transmitida de vuelta al nivel normal, e informa a su encaminador de esta situación.

En nivel predeterminado RSL_s 605 (figura 6) se selecciona para que sea mayor que RSL_w 603, introduciendo histéresis para impedir cambiar el formato de datos con una frecuencia innecesaria.

El procedimiento anterior es ejecutado mediante el procesador 314 de la calidad de transmisión bajo la supervisión del control 306 del sistema en la figura 3. En las descripciones anteriores, se utilizan ejemplos con dos conjuntos operativos para mostrar la técnica anterior: 100 Mb/s con 16QAM; y 50 Mb/s con 4QAM. Sin embargo, resultará evidente que la técnica anterior es aplicable directamente a otras velocidades de datos reducidas y a más de dos conjuntos operativos.

La presente invención ha sido descrita en términos de realizaciones específicas que incorporan detalles para facilitar la comprensión de los principios de construcción y funcionamiento de la invención. Dicha referencia en la presente memoria a realizaciones específicas y detalles de las mismas no está destinada a limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas a la misma. Resultará evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse modificaciones en la realización escogida con fines ilustrativos, sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones. Específicamente, resultará evidente para un experto en la materia que el dispositivo de la presente invención podría implementarse de varias maneras diferentes y el aparato dado a conocer anteriormente es solamente ilustrativo de la realización preferida de la invención y no es limitativo en modo alguno.

REIVINDICACIONES

1. Un método de comunicación de datos entre redes de área local en una red de área metropolitana, comprendiendo el método:
- 5 establecer un trayecto de comunicación para la transmisión de datos entre pares de redes de área local, en el que el trayecto de comunicación incluye uno o varios enlaces inalámbricos;
- transmitir datos a lo largo del trayecto de comunicación;
- monitorizar la calidad de transmisión de dichos uno o varios enlaces inalámbricos en ambos sentidos para obtener un indicador de funcionamiento medido;
- 10 intercambiar periódicamente indicadores de funcionamiento entre nodos en cada extremo del trayecto de comunicación, de manera que cada nodo tiene un conocimiento completo de los parámetros de funcionamiento en ambos sentidos;
- mantener un histórico de los indicadores de funcionamiento en cada nodo;
- y llevar a cabo un procedimiento de control adecuado para mantener el funcionamiento de transmisión requerido en base al conocimiento de los indicadores de funcionamiento en ambos sentidos.
- 15 2. Un método según la reivindicación 1, en el que los indicadores de funcionamiento son intercambiados en paquetes de órdenes de red.
3. Un método según la reivindicación 1 ó 2, en el que los indicadores de funcionamiento de una serie de enlaces en la red de área metropolitana son analizados para determinar el procedimiento de control adecuado para mantener el funcionamiento de transmisión requerido.
- 20 4. Un aparato para controlar transmisiones de datos inalámbricas entre una serie de redes de área local interconectadas mediante trayectos de comunicación que incluye uno o varios enlaces inalámbricos, comprendiendo dicho aparato:
- un transmisor/receptor (410A, 410B) para transmitir y recibir una señal de datos modulada sobre dichos uno o varios enlaces inalámbricos;
- 25 un monitor (406) de la calidad de transmisión para monitorizar la calidad de la señal de datos modulada sobre dichos uno o varios enlaces inalámbricos a efectos de obtener un indicador de funcionamiento e intercambiar periódicamente indicadores de funcionamiento con otro monitor (406) de la calidad de transmisión en otro extremo del trayecto de comunicación, de manera que los monitores (406) de la calidad de la transmisión en cada extremo de la comunicación tienen un conocimiento completo de los parámetros de funcionamiento en ambos sentidos, y en el
- 30 que el monitor (406) de la calidad de la transmisión mantiene un histórico de indicadores de funcionamiento para cada extremo del trayecto de comunicación; y
- un procesador (314) de la calidad de transmisión para llevar a cabo un procedimiento de control adecuado a efectos de mantener el funcionamiento de transmisión requerido en base a un conocimiento de los indicadores de funcionamiento en ambos sentidos.
- 35 5. El aparato según la reivindicación 4, en el que el procesador (314) de la calidad de transmisión intercambia indicadores de funcionamiento en paquetes de órdenes de red.
6. Un aparato según la reivindicación 4 ó 5, en el que el procesador (314) de la calidad de transmisión analiza los indicadores de funcionamiento de una serie de enlaces en la red de área metropolitana a efectos de determinar el procedimiento de control adecuado para mantener el funcionamiento de transmisión requerido.
- 40

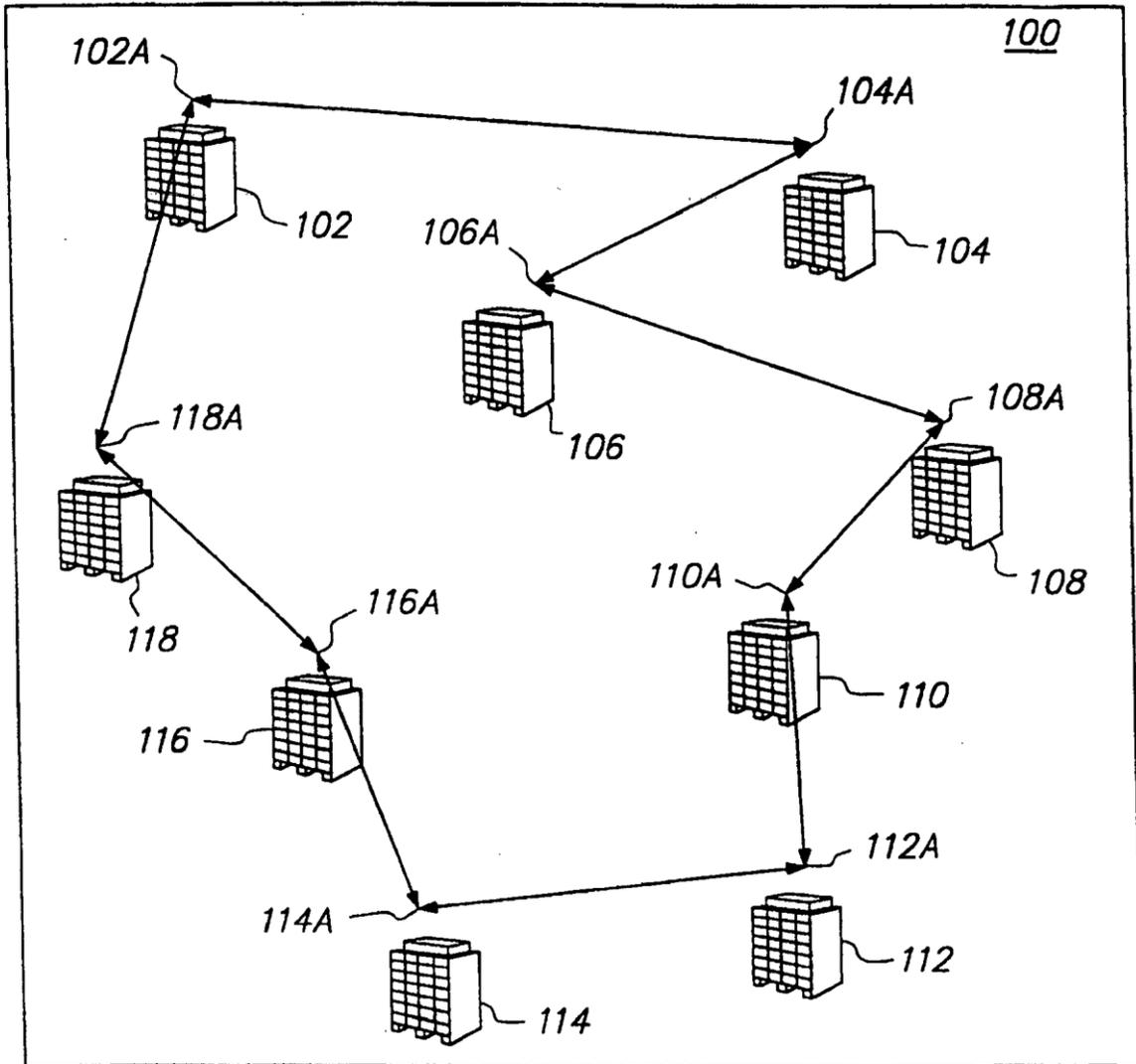


FIG. 1



FIG. 2A

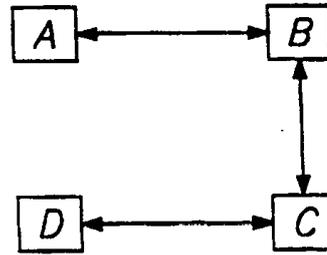


FIG. 2B

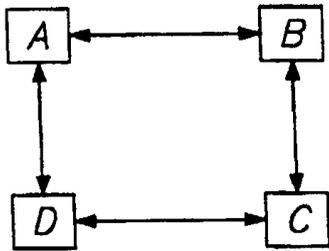


FIG. 2C

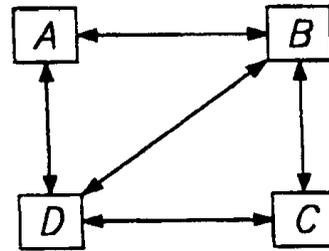


FIG. 2D

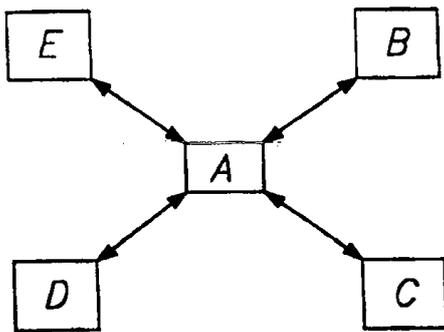


FIG. 2E

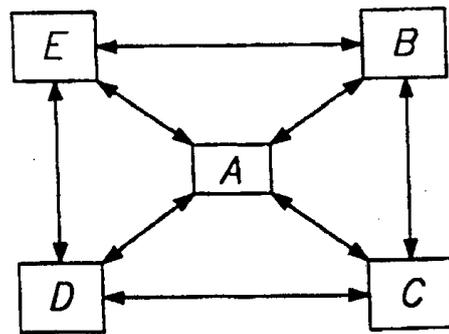


FIG. 2F

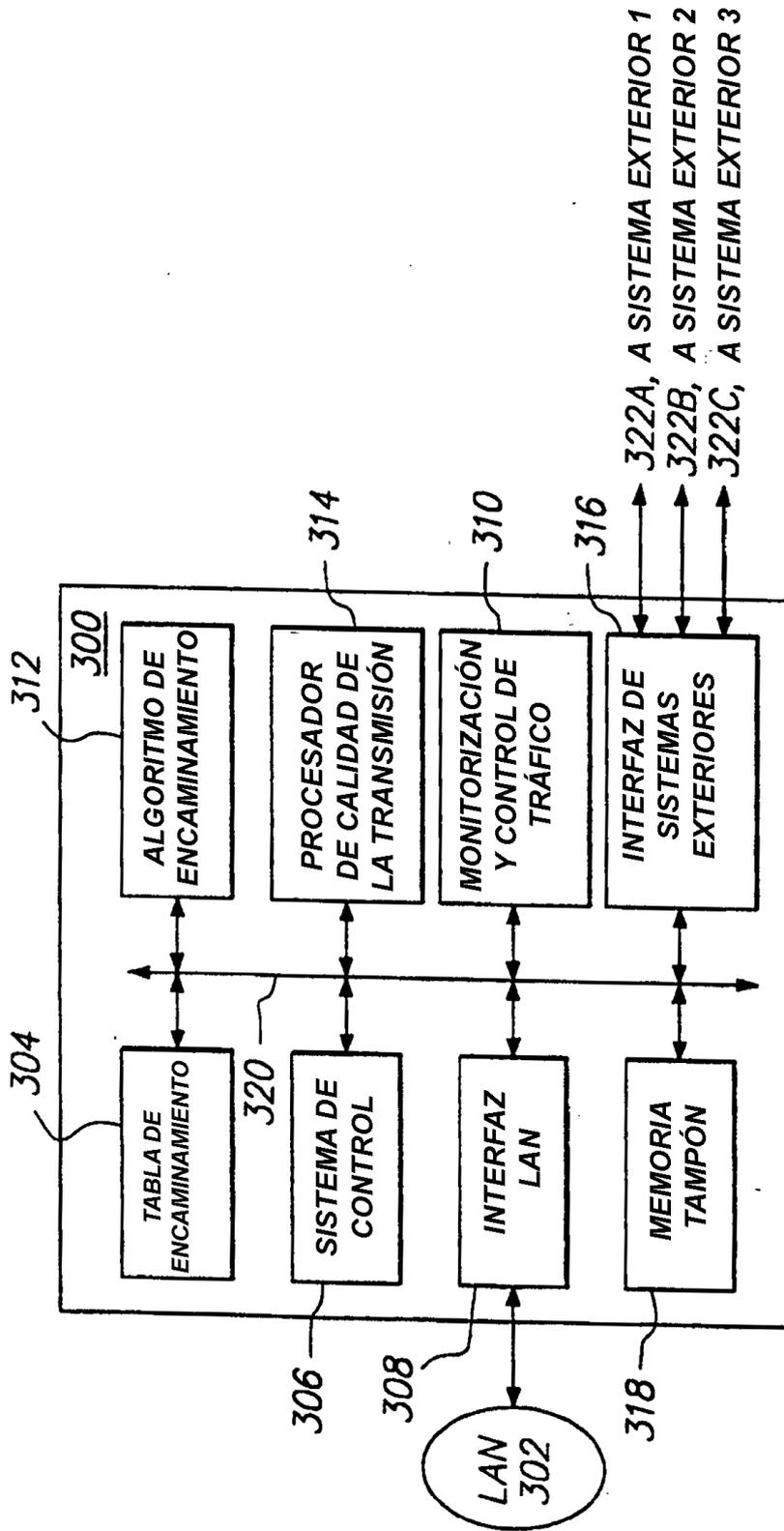


FIG. 3

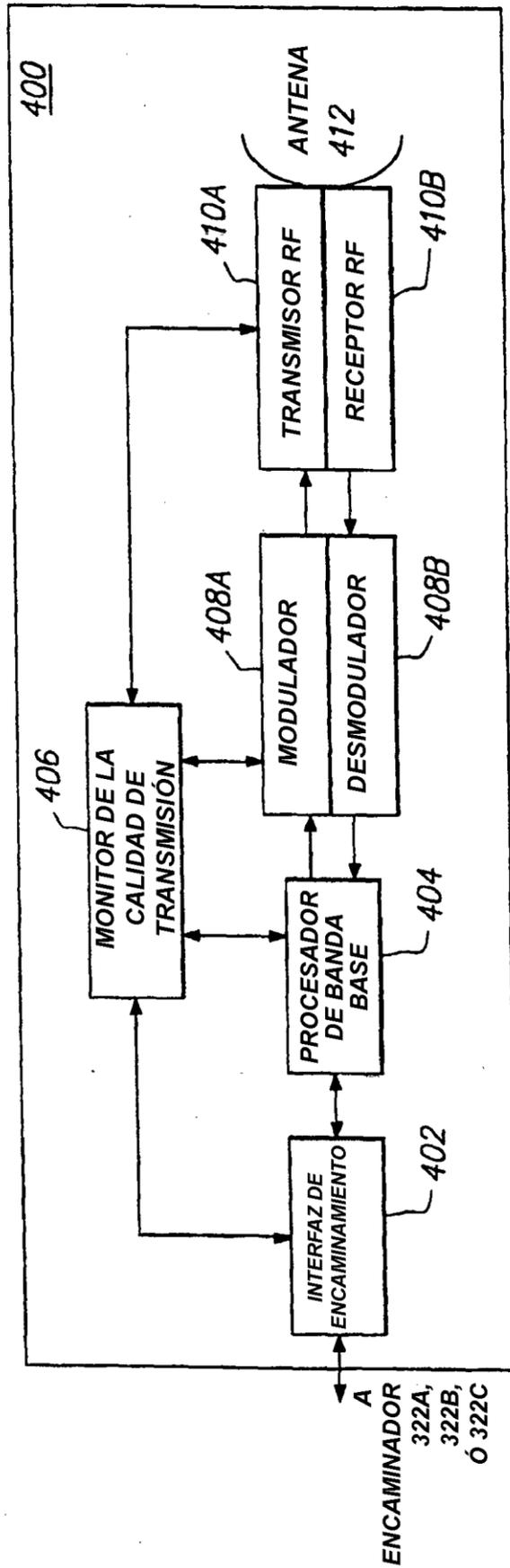


FIG. 4

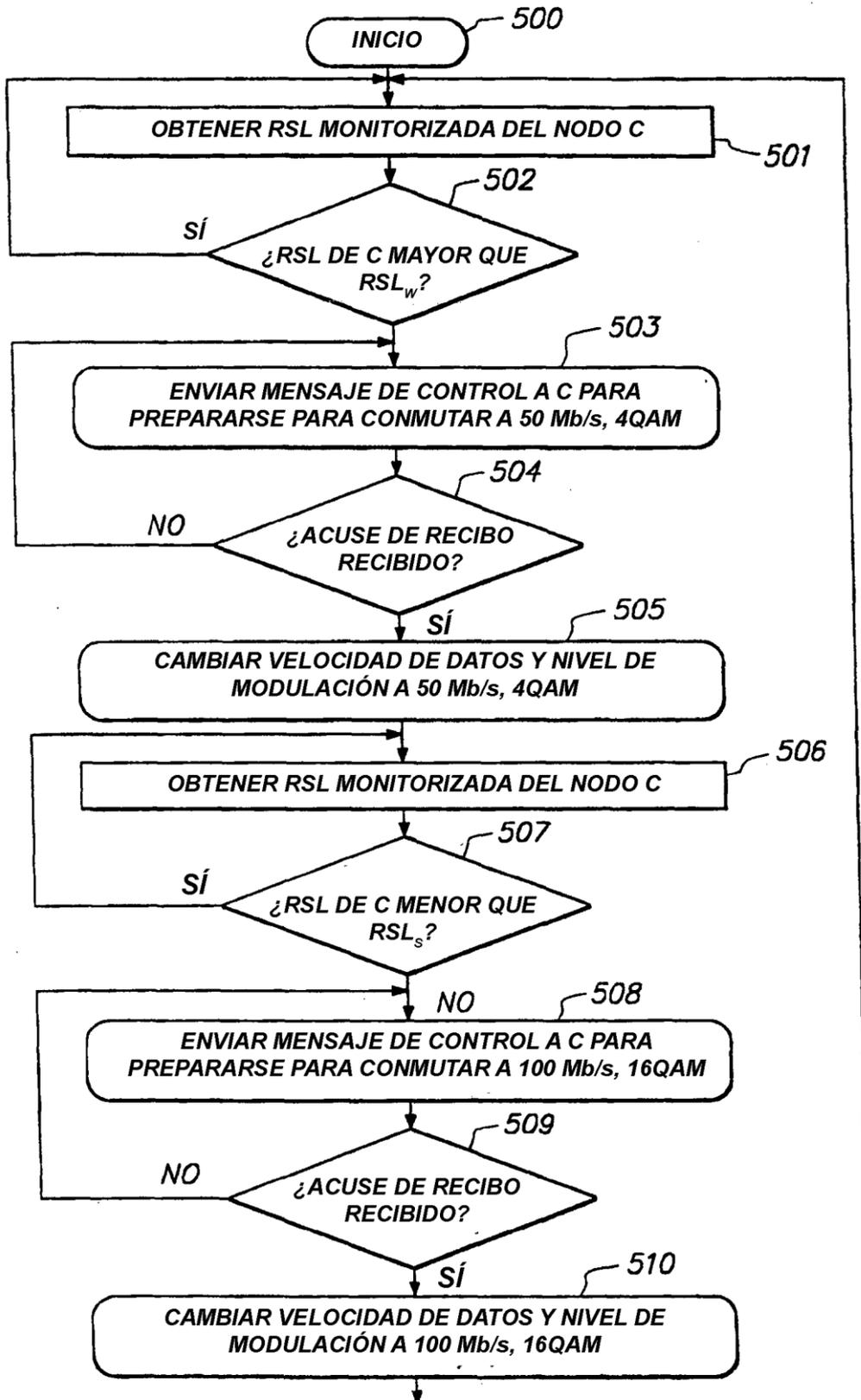


FIG. 5

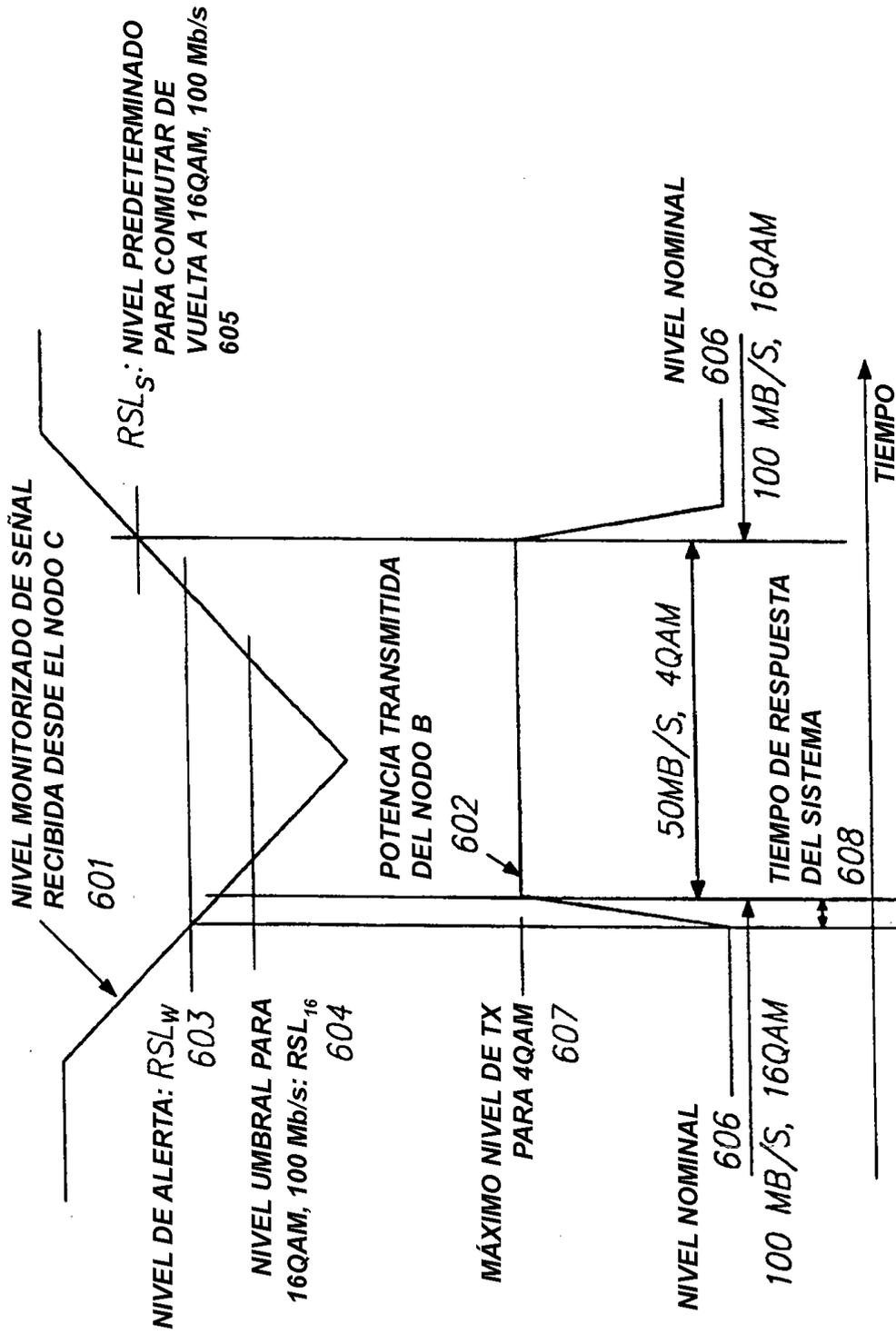


FIG. 6