

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 277**

51 Int. Cl.:

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 12/721 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2003** **E 03783028 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013** **EP 1698116**

54 Título: **Método y sistema para encaminar el tráfico en redes ad hoc**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2013

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
Patent Unit, KI/ECS/B/AP
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

AXELSSON, LEIF;
HONDA, YOSHIO;
URABE, KENZO y
ODA, TOSHIKANE

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 431 277 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).

DESCRIPCION

Método y sistema para encaminar el tráfico en redes ad hoc

5 *Campo de la Invención*

La presente invención se refiere a un sistema, método y aparato de encaminamiento, en particular para una red basada en ad hoc en un entorno móvil o estático que utiliza planificación de tráfico o equilibrado de carga junto con un modelo de encaminamiento predictivo.

10 *Antecedentes de la Invención*

La comunicación inalámbrica entre usuarios móviles está haciéndose cada vez más popular a medida que los dispositivos y la tecnología se desarrollan. El despliegue de la infraestructura se está expandiendo tanto en los sistemas de telecomunicación como en los sistemas de redes de datos. Hoy en día, también los sistemas de telecomunicación utilizan cada vez más las redes de paquetes conmutados y la tendencia es clara hacia este esquema de encaminamiento basado en paquetes. Este sistema ha sido utilizado durante muchos años en los sistemas basados en redes de datos y por ello existen muchos protocolos de encaminamiento estandarizados para este propósito. No obstante, no están preparados para las topologías de red rápidamente cambiantes como por ejemplo las llamadas redes ad hoc.

20 Las redes ad hoc inalámbricas están caracterizadas porque la red no tiene la misma naturaleza estática que una infraestructura de red de cable ordinaria, sino que la red basada en ad hoc no tiene un control centralizado y se crea a menudo de una manera espontánea. Mantiene el control a través de un concepto descentralizado. Los nodos pueden ser conectados o desconectados de una manera no controlada en comparación con las arquitecturas de red fija estándar; los nodos pueden ir y venir rápidamente, lo que conduce a una topología de red que cambia dinámicamente. En algunos casos tales redes están formadas por los propios dispositivos del usuario/cliente como componentes de infraestructura. Estos componentes son entonces verdaderamente móviles en el sentido de que los usuarios se mueven, dentro de y fuera de una celda de la red, y por lo tanto la infraestructura se moverá de acuerdo con ello. Esta es una manera fascinante de construir una infraestructura pero establece muy altas demandas sobre el protocolo de encaminamiento.

30 Otros problemas en un entorno de infraestructura inalámbrica se deben a cuestiones específicas de la radio que degradarán el rendimiento y la eficiencia del flujo de red. Puede haber problemas de desvanecimiento debido al movimiento de los nodos de la infraestructura o al movimiento de objetos en el entorno de radio, y puede haber problemas debido a la interferencia de otras fuentes de radio que se encuentren dentro del alcance.

35 Estos tipos de topografías de red han sido utilizados en el entorno militar pero están migrando ahora también al área civil. Los sistemas inalámbricos son ahora utilizados para construir rápidamente áreas de infraestructura para, por ejemplo, el acceso de banda ancha inalámbrico en áreas residenciales o en áreas comerciales. Pueden ser utilizados para una construcción de infraestructura temporal, por ejemplo, en una situación de emergencia, en una zona catastrófica o en el campo de batalla, con propósitos militares. Podrían ser utilizados también para construir áreas de cobertura para acceso temporal durante eventos como, por ejemplo, conciertos, conferencias, reuniones o áreas en temporada turística. En estos tipos de áreas, no es necesario tener cobertura durante todo el año, sino sólo durante períodos específicos.

45 Hoy en día, varios proveedores de Servicio de Internet (ISP – Internet Service Providers, en inglés) ofrecen acceso inalámbrico en áreas públicas o semi-públicas, tales como aeropuertos, restaurantes, cafeterías y hoteles utilizando sistemas de infraestructura inalámbrica. Estos sistemas se denominan a menudo áreas de acceso inalámbrico (hotspots, en inglés).

50 A medida que la demanda de los usuarios para obtener acceso aumenta considerando la cobertura y el ancho de banda, una manera de expandir el área de cobertura inalámbrica o el ancho de banda es instalar más componentes de infraestructura; no obstante, hacer esto con componentes inalámbricos fijos normales resulta caro y por consiguiente ha surgido la idea de construir redes utilizando encaminadores inalámbricos. En este caso pueden utilizarse protocolos de encaminamiento ad hoc para tener un procedimiento de instalación simplificado.

55 Existen básicamente dos tipos de usos de la red cuando se explican las redes ad hoc; el primero es la construcción de una red de área local sin ninguna puerta de enlace externa que proporcione acceso a una red externa, por ejemplo la Internet. Este esquema puede ser encontrado en instalaciones relativas a zonas catastróficas o a instalaciones militares en el campo de batalla. El otro y probablemente de uso más común es cuando una o varias puertas de enlace proporcionan a la red conexiones externas hacia, por ejemplo, una red basada en IP (privada o pública, por ejemplo, la Internet). En tal configuración de red, los paquetes de datos pueden tomar diferentes rutas y/o utilizar diferentes puertas de enlace dependiendo de, por ejemplo, el tipo de tráfico de datos, las congestiones o el coste de encaminamiento.

60

- 5 Los esquemas de encaminamiento basados en paquetes a menudo construyen allí sistemas de red de comunicación alrededor de un modelo de capas, por ejemplo el modelo de referencia de OSI (Interconexión de sistemas Abiertos - Open Systems Interconnection, en inglés). El software o hardware de comunicación se divide en varias sub-
unidades más pequeñas, capas, que funcionan de una manera jerárquica. Información y protocolos de control de la
comunicación son subidos y bajados localmente y entre las mismas capas entre los extremos emisor y receptor.
Cada una de tales capas es responsable de diferentes tareas en el orden de la comunicación. Con respecto al
encaminamiento las primeras tres capas de acuerdo con el modelo de referencia de OSI son las más importantes.
- 10 La capa 1 es responsable de la transmisión física de bits de datos; ejemplos de medio físico pueden ser, por
ejemplo, el enlace por cable en una red basada en Ethernet o un enlace inalámbrico en una Red de Área Local
Inalámbrica (WLAN - Wireless Local Area Network, en inglés)
- 15 La capa 2 se denomina a menudo la capa de Enlace o la capa de MAC y es responsable de transmitir porciones de
datos, detección de error y coordinación del recurso de red.
- 20 La capa 3 se denomina a menudo capa de Red; es responsable de permitir la comunicación entre cualquier par de
nodos de una red. Esta capa, por ejemplo, se encarga de los cálculos del encaminamiento y del control de la
congestión. Con este propósito se han desarrollado diferentes protocolos de encaminamiento dependiendo del tipo
de red.
- 25 Los protocolos de encaminamiento de paquetes en las redes basadas en IP se basan generalmente en algoritmos
de encaminamiento que utilizan el vector de distancia o la información de estado del enlace para encontrar y guardar
una ruta para cada par de nodos de fuente y de destino de la red. En principio, en los algoritmos de encaminamiento
del vector de distancia, cada encaminador transmite la distancia a todos los anfitriones a sus encaminadores
vecinos, y cada encaminador que recibe la información calcula la ruta más corta a cada uno de los anfitriones de la
red. En los algoritmos de encaminamiento de estado del enlace, cada información transmite la información del
estado de cada uno de sus enlaces de red adyacentes a sus encaminadores vecinos, y cada encaminador que
recibe la información mantiene la base de datos de toda la imagen de la red a partir de la información de estado del
enlace y calcula la ruta más corta hasta cada anfitrión basándose en los costes del enlace en la base de datos.
- 30 Estos algoritmos de encaminamiento están diseñados para redes relativamente estáticas y así deben diseñarse
nuevos algoritmos de encaminamiento para redes ad hoc cuya topología cambia con frecuencia.
- 35 Hay básicamente dos categorías de protocolos de encaminamiento existentes para redes ad hoc. Éstos son
protocolos de encaminamiento "proactivo" (activado por una tabla) y "reactivo" (a demanda). También son posibles
protocolos que tienen combinaciones de estos protocolos.
- 40 Los protocolos de encaminamiento proactivos calculan constante y periódicamente una ruta para todos los
anfitriones en la red ad hoc, y por ello siempre está disponible una ruta cuando un paquete necesita ser enviado a un
anfitrión de destino particular. Los resultados se guardan en tablas de encaminamiento en todos los nodos.
- 45 Con el fin de guardar rutas para cada anfitrión, se intercambian mensajes de control entre los encaminadores para
notificar cambios de la configuración de la red y en el estado del enlace. Los protocolos de encaminamiento de
vector de distancia y de estado del enlace están ambos categorizados como protocolos proactivos. Debe observarse
que los mensajes de control conducen a una sobrecarga y pueden resultar en una menor eficiencia. También, los
protocolos proactivos pueden tener dificultad en guardar rutas válidas cuando la topología de la red cambia
frecuentemente.
- 50 El DSDV (Encaminamiento de Vector de Distancia de Destino Secuenciado – Destination-Sequenced Distance
Vector Routing, en inglés) es un protocolo de encaminamiento proactivo basado en el algoritmo del vector de
distancia, que adapta el Protocolo de Información de Encaminamiento (RIP – Routing Information Protocol, en
inglés) a las redes ad hoc. Cada nodo guarda una tabla de encaminamiento en la cual el nodo almacena el siguiente
nodo de salto y la cuenta de saltos hasta cada uno de todos los anfitriones de destino alcanzables. En DSDV, cada
nodo transmite o multidifunde actualizaciones de encaminamiento periódicamente, o cuando detecta cambios de la
topología de la red. Actualizaciones incrementales, que actualizan sólo la información acerca de cambios desde la
última actualización, son utilizadas también con el fin de reducir el tráfico de control.
- 55 Un protocolo reactivo sólo lleva a cabo intercambio de mensajes de control para encontrar/actualizar una ruta
cuando hay un paquete de datos para ser enviado. Cuando un nodo de fuente desea enviar paquetes de datos,
inicia el protocolo de control para encontrar una ruta enviando un mensaje de solicitud de ruta a sus nodos vecinos.
Mediante este principio, el planteamiento reactivo es bueno porque los recursos de la red no se desperdician cuando
no hay paquetes para ser transportados. No obstante, lleva más tiempo enviar paquetes cuando una ruta tiene que
ser formada por primera vez. AODV y DSR son protocolos reactivos representativos.
- 60

El protocolo AODV (Encaminamiento de Vector de Distancia A Demanda ad hoc - Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing, en inglés) utiliza el algoritmo de DSDV y crea/actualiza rutas a demanda, esto es, sólo cuando un nodo de fuente desea enviar un paquete de datos. Esto lleva a una reducción del número de emisiones requeridas para encontrar/actualizar una ruta.

5 En AODV, cada nodo guarda una lista de nodos vecinos detectados. La lista de vecinos es actualizada de una de las siguientes tres maneras: a) cuando se recibe un paquete desde el nodo vecino, b) recibiendo un anuncio local, esto es, un mensaje de saludo, desde el nodo vecino, o c) mediante información de retorno desde la capa de enlace. Mensajes de saludo son emitidos periódicamente desde cada nodo a sus nodos vecinos para informarlos acerca de su presencia.

10 En AODV, cada nodo guarda una tabla de encaminamiento para todos los destinos, con cada uno de los cuales se está comunicando el nodo o a quien le está enviando paquetes de datos en nombre de otros nodos. Para cada destino, hay una entrada en la tabla de encaminamiento que contiene información acerca del destino, tal como la dirección de IP, el número de la secuencia para el nodo de destino, la cuenta de saltos hasta el destino, el nodo del siguiente salto hasta el destino, y la vida útil para la ruta.

15 Cuando un nodo desea comunicarse con un nodo de destino, esto es, enviar paquetes al destino, entonces el nodo de fuente inicia un mecanismo de descubrimiento de ruta, donde el nodo de fuente emite una solicitud de ruta (RREQ – Route REQest, en inglés) a todos los nodos vecinos detectados. Cuando el nodo vecino recibe el mensaje de RREQ y tiene la entrada para una ruta suficientemente nueva para ese destino en su tabla de encaminamiento, entonces devuelve un mensaje de respuesta de ruta (RREP – Route Reply, en inglés) al nodo de fuente. Si el nodo vecino no encuentra una entrada de ruta para ese destino, entonces transmite el mensaje de RREQ a sus propios nodos vecinos detectados. Cuando el nodo de destino recibe la RREQ, devuelve el mensaje de RREP al nodo de fuente.

20 En el proceso de transmitir el paquete de RREQ, cada nodo intermedio registra la dirección de IP del nodo vecino del cual se recibe la primera copia en la RREQ de emisión, mediante lo cual se establece una ruta inversa. Las copias de los mismos mensajes de RREQ recibidos más tarde son descartadas. Los nodos intermedios añaden una entrada a su tabla de encaminamiento para el destino, donde el nodo vecino desde el cual se recibió la RREP es registrado como el siguiente nodo de salto para ese destino. El número de secuencia de destino y la vida útil de la ruta son copiadas desde la RREP y registradas en la entrada. Cuando el mensaje de RREP es devuelto al nodo de fuente finalmente, se forma una ruta de transmisión desde la fuente hasta el destino.

25 Cuando un nodo detecta que una ruta resulta no disponible por fallo del enlace incidente en la ruta, envía un mensaje de error de ruta (RERR – Route ERRor, en inglés) a todos los nodos vecinos, que utilizan la ruta. El mensaje de RERR es enviado a sus nodos vecinos y así hasta que llega al nodo de fuente. El nodo de fuente puede a continuación decidir entre dejar de enviar paquetes de datos o iniciar un nuevo descubrimiento de ruta.

30 El protocolo de DSR (Encaminamiento de Fuente Dinámico – Dynamic Source Routing, en inglés) utiliza un mecanismo de encaminamiento de fuente en el cual el nodo de fuente determina la secuencia completa de nodos junto con la ruta según demanda y establece la lista de los nodos intermedios en la cabecera del paquete para indicar la secuencia de nodos para la ruta. De esta manera, cada paquete tiene que llevar la cabecera para el encaminamiento del paquete. No obstante, los nodos intermedios no necesitan mantener ninguna información acerca de la ruta y pueden aprender rutas cuando suministran paquetes de datos.

35 En DSR, cada nodo almacena (almacena en la caché) las rutas que ha aprendido. Cuando un nodo de fuente desea enviar paquetes de datos a un nodo de destino y no tienen ninguna entrada en la caché para ese destino, entonces inicia un mecanismo de descubrimiento de ruta emitiendo un mensaje de RREQ en su capa de enlace. Cada nodo que recibe el mensaje de RREQ adjunta sus direcciones de IP al mensaje de RREQ y a continuación lo transmite de nuevo. Este proceso se realiza hasta que se encuentra la ruta hasta el destino o que otro nodo puede proporcionar una ruta al nodo de destino. Entonces se devuelve al nodo de fuente un mensaje de respuesta de ruta (RREP – Route Reply, en inglés) que contiene la secuencia de saltos de red hasta el nodo de destino.

40 En DSR, cuando se detecta un fallo de un enlace en un nodo (es decir, cuando el paquete ha sido retransmitido un número máximo de veces), ese nodo elimina el enlace de sus rutas de la caché y envía un mensaje de error de ruta (RERR – Route ERRor, en inglés) a cada uno de los nodos que han utilizado ese enlace desde que se recibió un reconocimiento. Esos nodos tienen que eliminar las rutas que incluyen ese enlace. La retransmisión del paquete de datos desde el nodo de fuente es entonces manejada mediante capas superiores tales como el Protocolo de Control de Transmisión (TCP – Transmission Control Protocol, en inglés).

45 En los protocolos de encaminamiento ad hoc que utilizan el tiempo de expiración del enlace y la carga de tráfico de los nodos, el tiempo de expiración del enlace se define como el intervalo de tiempo durante el cual la distancia de dos nodos específicos sigue siendo menor o igual a la distancia efectiva de radio. En este protocolo de

encaminamiento, la métrica se utiliza como un coste de cada enlace, y el nodo intenta encontrar una ruta de coste mínimo, esperando que la vida útil de tal ruta sea mayor y así reduciría la frecuencia de actualización de la ruta y la sobrecarga debida al tráfico de control e incrementaría el rendimiento global de la transferencia de paquetes de datos.

5 En este protocolo, la carga de tráfico de un nodo está representada por una tasa de ocupación del nodo durante un periodo de tiempo dado. Una ruta que tiene la menor carga de tráfico de los nodos es elegida en un algoritmo de selección de ruta. Se espera que el algoritmo conduzca a un mejor equilibrado de la carga en la red, esto es, evitaría la concentración de tráfico hacia nodos particulares de la red.

10 Cuando se utilizan métodos de encaminamiento de red ad hoc convencionales en las redes de comunicación de radio para móviles, pueden darse algunos problemas. Un problema es que puesto que los usuarios son móviles se moverán y el sistema experimentará cambios en la calidad de radio debido, por ejemplo, a desvanecimiento, pérdida por propagación y ensombrecimiento. Esto es cierto también si el sistema de infraestructura consiste en elementos móviles, por ejemplo, si los equipos del cliente forman parte de la infraestructura. Incluso en un sistema con componentes de infraestructura inalámbricos fijos tales problemas pueden ocurrir, por ejemplo debido a vehículos o a otros objetos que bloquean temporalmente la ruta de la señal entre dos componentes de infraestructura, lo que conduce a cambios de la calidad del enlace de radio. Las principales preocupaciones para estos tipos de problemas surgen cuando cambian más rápido que la frecuencia de actualización de la tabla de encaminamiento o que los cambios en la ruta de encaminamiento.

20 Si se intenta resolver los problemas mencionados anteriormente incrementando la frecuencia de actualización de la información de encaminamiento empezará en algún punto a degradarse la eficiencia de la transmisión, debido a que la actualización de la información de encaminamiento ocupará una parte sustancial del posible volumen de transmisión de datos en el medio.

25 En la solicitud de patente de US 2003/0120809 se describe un sistema que detecta fuentes de interferencia en una red buscando señales no autorizadas en la banda de frecuencia de uso, en este caso la banda de ISM de 2,4 GHz. En este documento se proporciona una atención especial a los problemas que surgen en la capa de red y menos en la capa de radio. El documento sólo describe una adaptación al estado actual y no se da relevancia a la posible naturaleza de llegada del estado del enlace. El sistema intenta adaptar la ruta del paquete de manera correspondiente para reducir los efectos de la interferencia. La solución se centra sólo en detectar la interferencia y el problema se resuelve ajustando la posición de la antena y la dirección de los nodos cercanos al interferidor con el fin de reducir el radio de cobertura hacia la fuente de interferencia.

30 En la patente de US nº 5.537.394 se introduce una función de predicción de estado para una solución de red fija. La solución implica grandes cálculos estadísticos de información de una función de monitorización de estado. Los cálculos estadísticos se realizan para la interpretación de las implicaciones de todo el sistema de red y no pueden ser ajustados fácilmente para una red ad hoc, y en particular no para una red ad hoc inalámbrica.

35 En el artículo "Distributed Quality-of-Service Routing in Ad Hoc Networks", IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol. 17, Nº 8, Agosto de 1999, se presenta un esquema de encaminamiento de QoS distribuida que selecciona una ruta de red con suficientes recursos para satisfacer un cierto requisito de retardo en un entorno móvil de multi-salto. El esquema de encaminamiento utiliza un algoritmo que incorpora información de estado imprecisa.

40 En el artículo, "Quality of Service Routing in Ad Hoc Networks", IEEE Division of Engineering, 23 de Septiembre de 2000, páginas 263-265, se presenta un algoritmo de encaminamiento ad hoc que contiene información de estado imprecisa junto con el uso de un modelo de lógica difusa.

45 En la Publicación de Solicitud de Patente Internacional Nº WO 03/093926, se presenta un método para transmitir una solicitud de ruta de QoS para descubrir un encaminamiento basándose en un parámetro de QoS. El método incluye también el que cada nodo intermedio determine si el nodo puede soportar el parámetro de QoS solicitado y, si es así, actualizar la métrica del enlace de QoS, enviando la solicitud de ruta de QoS, y reservando temporalmente recursos del nodo. El nodo de destino, cuando recibe la solicitud de ruta de QoS, genera una respuesta que incluye un identificador de flujo y una métrica de enlace de QoS actualizada para cada ruta descubierta, y el nodo de fuente genera métricas de ruta de QoS basándose en las métricas del enlace de QoS actualizadas en las respuestas. El nodo de fuente selecciona una ruta para el nodo de destino basándose en las métricas de ruta de QoS, y transmite confirmaciones de ruta a nodos intermedios en la ruta seleccionada.

50 En la Publicación de Solicitud de Patente de US Nº 2003/0191856, se presenta un sistema de compartición de carga dinámica y de equilibrado. El sistema comprende un módulo de arbitrio de red para recibir la información del estado de una pluralidad de rutas de red de cable y al menos una de una pluralidad de rutas de frecuencia de radio para

dirigir el tráfico entre la pluralidad de rutas de la frecuencia de radio basándose en la información del estado de las rutas de la red de cable y del de la ruta de la frecuencia de radio.

Compendio de la Invención

5 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de encaminamiento ad hoc que reduce algunos de los problemas mencionados anteriormente, en particular para aumentar la eficiencia de los frecuencias de red disponibles, introduciendo adaptación de propiedad entre la carga de tráfico y las rutas disponibles para la planificación del flujo de tráfico, preferiblemente junto con mediciones del estado del enlace y con un control predictivo del encaminamiento.

10 Tomando medidas periódicamente de la propiedad del canal de radio, de la calidad del enlace o de otros parámetros importantes del enlace es posible analizar el estado de la red/enlace. Esta información se traslada a un elemento de procesamiento de encaminamiento que utiliza esta información para decidir sobre el tipo de calidad de señal y monitoriza en tiempo los cambios del estado del enlace. El elemento de procesamiento puede extrapolar las tendencias medidas y predecir los cambios de la calidad de la señal, y responder así de una manera apropiada de manera correspondiente para utilizar de manera eficiente los recursos de red disponibles.

20 Utilizando información acerca de la calidad de diferentes rutas el sistema puede planificar el flujo de tráfico o implementar el equilibrado de carga de acuerdo con criterios predeterminados. Por ejemplo, el sistema puede tomar en consideración el tipo o las propiedades del tráfico, por ejemplo si el paquete consiste en voz o en datos de aplicación de transmisión en tiempo real (streaming, en inglés), o información de texto pura como, por ejemplo, información de datos de correo electrónico o de html. Las aplicaciones de transmisión en tiempo real (Streaming, en inglés) demandan un ancho de banda y estabilidad mucho mayores en comparación con los datos de texto y es por lo tanto posible encaminar datos de acuerdo con el conocimiento de la calidad de diferentes rutas, con el fin de utilizar de manera eficiente el uso de los recursos de red disponibles.

30 La información de la propiedad del canal obtenida de la capa 1 como el modelo de referencia de la red de OSI es transportada, junto con la información de la calidad del enlace obtenida de la capa 2 a la capa 3 donde están situados el control del encaminamiento y la planificación del tráfico. La información medida y obtenida es almacenada y analizada en busca de tendencias en el estado/calidad del enlace entre los nodos vecinos disponibles y los nodos dentro del área de la red que forman parte del esquema de encaminamiento actual del nodo. A partir de esto, el protocolo de encaminamiento ad hoc decide acerca de rutas apropiadas para paquetes de datos para ser enviados.

35 Puede obtenerse información acerca de las propiedades del canal y de la calidad del enlace mediante mediciones de varios parámetros diferentes. Ejemplos de estos tipos de parámetros pueden ser la difusión de Doppler de la señal de radio debida al desvanecimiento de la señal de radio, un planteamiento diferente para esto es deducir el tiempo de coherencia de la señal de radio, la velocidad de variación de la señal recibida o la relación del ruido de señal a interferencia.

40 El uso de este tipo de esquema de encaminamiento es independiente del tipo de protocolo de encaminamiento ad hoc utilizado.

45 En una realización, se presenta un método para el encaminamiento eficiente en una red de comunicación inalámbrica de multi-salto caracterizado porque el método de encaminamiento comprende las etapas de obtener información del estado del enlace entre nodos de la red, actualizando un elemento de encaminamiento con la información del estado del enlace, utilizando un modelo predictivo en el cual un estado cercano-futuro de al menos un enlace almacenado en el elemento de encaminamiento es anticipado o extrapolado basándose en la información del estado del enlace, cuyo modelo predictivo toma la información del estado del enlace de mediciones de radio y/o de la calidad del enlace considerando la potencia de la señal recibida junto con un parámetro de desvanecimiento o parámetro de velocidad de variación relativo a la señal recibida, determinando una ruta apropiada de acuerdo con la información del estado del enlace y la potencia de señal medida con respecto al contenido del tráfico y la consideración del tipo y/o propiedades del tráfico, y la información del estado del enlace comprendida en el elemento de encaminamiento, y el tráfico de encaminamiento de acuerdo con la ruta determinada.

55 Comprendiendo también el método la etapa de utilizar un sistema de transmisión basado en la radiación electromagnética con una frecuencia en el intervalo de 100 kHz a 100 PHz.

60 Estando además también el método caracterizado porque el sistema de transmisión es uno de IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16, HiperLAN, HomeRF, Bluetooth, IR, UWB, JTRS, 3G, GPRS y EDGE.

En otro aspecto de la presente invención, el método se caracteriza porque el contenido del tráfico es uno de VoIP, datos de juegos, video o música en tiempo real, correo electrónico, descargas de archivos, tráfico de control de red, tráfico de gestión de red y contenido de la Red Amplia Mundial (WWW – World Wide Web, en inglés).

El método se caracteriza también porque el contenido del tráfico está caracterizado por un parámetro de Calidad de Servicio.

5 En otra realización más de la presente invención, se presenta un nodo en una red de comunicación inalámbrica de multi-salto que comprende un medio de adquisición para obtener la información del estado del enlace de los nodos de una red que comprende una pluralidad de nodos, un medio de actualización para actualizar la información del estado del enlace a un elemento de encaminamiento, cuyo medio de actualización utiliza un modelo predictivo en el cual se anticipa o extrapola un estado en el futuro cercano de al menos un enlace almacenado en el elemento de encaminamiento basándose en la información del estado del enlace, cuyo modelo predictivo toma la información del estado del enlace de mediciones de la calidad de radio y/o del enlace considerando la potencia de la señal recibida junto con un parámetro de desvanecimiento o un parámetro de velocidad de variación relativo a la señal recibida, un medio de determinación para determinar una ruta de acuerdo con la información del estado del enlace y de la potencia de la señal medida con respecto al contenido del tráfico y la consideración del tipo y/o las propiedades del tráfico, y la información del estado del enlace comprendida en el elemento de encaminamiento, un medio de comunicación para transmitir los paquetes de datos, y un medio de encaminamiento para encaminar paquetes de datos de acuerdo con la ruta determinada.

20 El nodo está también caracterizado porque la comunicación entre nodos es un sistema de transmisión, para proporcionar comunicación entre nodos en la red de comunicación inalámbrica, basándose en la radiación electromagnética con una frecuencia en el intervalo de 100 kHz a 100 PHz.

25 El nodo está además caracterizado porque el sistema de transmisión es uno de IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16, HiperLAN, HomeRF, Bluetooth, IR, UWB, JTRS, 3G, GPRS y EDGE.

El nodo está además caracterizado porque el contenido del tráfico es uno de VoIP, datos de juegos, video o música en tiempo real, correo electrónico, descargas de archivos, tráfico de control de red, tráfico de gestión de red y contenido de la Red Amplia Mundial (WWW – World Wide Web, en inglés).

30 El nodo está también caracterizado porque el contenido del tráfico está caracterizado por un parámetro de Calidad de Servicio.

35 Se define una red de comunicación inalámbrica que comprende un sistema de acuerdo con la descripción anterior que comprende uno o varios nodos de acuerdo con la descripción anterior.

40 En otra realización de la presente invención se describe un programa de ordenador en un nodo de una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo el programa un primer conjunto de instrucciones para obtener información del estado del enlace entre nodos de la red, un segundo conjunto de instrucciones para actualizar un elemento de encaminamiento con la información del estado del enlace, que utiliza un modelo predictivo en el cual el estado en un futuro cercano de al menos un enlace almacenado en el elemento de encaminamiento es anticipado o extrapolado basándose en la información del estado del enlace, cuyo modelo predictivo toma la información del estado del enlace de mediciones de calidad de radio y/o del enlace considerando la potencia de la señal recibida junto con un parámetro de desvanecimiento o un parámetro de velocidad de variación relativo a la señal recibida, un tercer conjunto de instrucciones para determinar una ruta de acuerdo con la información del estado del enlace y la potencia de la señal medida con respecto al contenido del tráfico y la consideración del tipo y/o las propiedades del tráfico, y la información del estado del enlace comprendida en el elemento de encaminamiento, y un cuarto conjunto de instrucciones para encaminar el tráfico de acuerdo con la ruta apropiada determinada.

50 Este y otros objetos, características, funciones y ventajas de la presente invención resultarán evidentes con referencia a la descripción detallada que sigue.

Breve descripción de los dibujos

55 La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de algunos de los componentes y de su respectiva función en un concepto de inter-capas de una realización de la invención.

La Figura 2 es un diagrama de la potencia de la señal y de un parámetro de velocidad de variación en función del tiempo en un nivel de umbral que gobierna la lenta o rápida determinación de la categoría.

La Figura 3 es una ilustración esquemática de cómo la información del estado del canal y la información de la calidad del enlace son devueltas al sistema para un protocolo de encaminamiento reactivo.

60 La Figura 4 es una ilustración esquemática de cómo son devueltas las predicciones del estado del canal al sistema para un protocolo reactivo.

La Figura 5 es una representación esquemática de una red ad hoc pequeña y de las posibles rutas entre dos nodos de esta red.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de una topología de red ad hoc inalámbrica.

La Figura 7 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra parte del proceso de encaminamiento y de determinación de ruta para un protocolo ad hoc de encaminamiento reactivo (Figura 7A) y un protocolo ad hoc de encaminamiento proactivo (Figura 7B).

La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un nodo de la red.

5

Descripción detallada de la Invención

En la Figura 6, se muestra el concepto básico de una red ad hoc inalámbrica de multi-salto para móviles de la presente invención. Una pluralidad de nodos o de elementos de infraestructura 601, 602, 603, 604... 60n construyen una red ad hoc 610 juntos, comunicándose entre sí y transmitiendo tráfico de datos y tráfico de control de unos a otros, con el fin de mantener el tráfico de red entre los nodos de extremo y nodos intermedios que están en comunicación. A veces existen una o varias puertas de enlace 601 en una red ad hoc 610. Esta puerta de enlace 601 actúa como un enlace entre, por ejemplo, una red ad hoc inalámbrica 610 y una red de IP fija 620 estándar (por ejemplo, la Internet). La conexión 600 a la red de IP estándar puede ser una línea fija, utilizando por ejemplo una red de Ethernet, o una conexión inalámbrica fija que utiliza por ejemplo sistemas de LMDS o "Minilink" o una tecnología similar.

15

No explícitamente mostrados en la Figura 6 están los terminales de cliente/usuario final que puede comunicarse a través de estos nodos de infraestructura 601, 602, 603, 604... 60n; no obstante, la infraestructura puede de hecho ser construida utilizando los propios terminales de cliente/usuario final. También puede ser construida mediante encaminadores dedicados, o una red puede ser construida mediante una combinación de estos dos elementos. Los terminales de cliente/usuario final de hoy en día tienen la potencia de cálculo para manejar aplicaciones de red, incluso en un entorno ad hoc. Los terminales de cliente pueden incluir equipos tales como ordenadores de sobremesa, estaciones de trabajo, ordenadores portátiles de regazo, PDA's (Asistente Digital Personal – Personal Digital Assistant, en inglés), teléfonos móviles u otros equipos de procesamiento de datos con un medio de comunicación o de conexión a la red.

20

25

Un elemento o nodo de infraestructura 601, 602, 603, 604... 60n, 800 comprende al menos un medio de procesamiento (801), un medio de almacenamiento (802), un medio de comunicación 805 y un medio de encaminamiento 101, 803. El medio de comunicación 805 puede ser inalámbrico 806 ó utilizar una conexión por cable 806; no obstante, en una realización preferida el medio de comunicación 805 es inalámbrico. El medio de encaminamiento 101, 803 está implementado en un algoritmo de encaminamiento, que utiliza a menudo un programa de software, y normalmente tanto el medio de encaminamiento 101, 803 como el medio de comunicación 805 están a menudo incluidos en el elemento de infraestructura 800, pero pueden también estar situados en un dispositivo externo conectado a un elemento de infraestructura 601, 602, 603, 604... 60n, 800 a través de un conector 804. Un ejemplo de esta disposición puede ser un PDA que tiene un dispositivo externo conectado al PDA; este dispositivo externo maneja el medio de encaminamiento y/o de comunicación para permitir que el PDA forme parte de una red ad hoc 610 ó de una red inalámbrica en general.

30

35

En la Figura 1 los componentes claves en el elemento de encaminamiento y sus funciones respectivas se muestran junto con los patrones de flujo del tráfico de datos y de control dentro de un modelo de referencia de red en capas, por ejemplo el modelo de OSI. La primera capa 104 (L1) es responsable de la transmisión física de bits de datos y en esta capa puede haber una funcionalidad para medir y obtener el estado y calidad de las propiedades del medio físico, por ejemplo el estado del canal de radio inalámbrico. Esta información es pasada sobre la tercera capa 106 (L3) a un monitor de estado del enlace 102.

40

45

Hay varios parámetros diferentes que pueden ser medidos con el fin de obtener el estado de los enlaces de radio entre los nodos de infraestructura. Uno de tales parámetros es la difusión de Doppler. La difusión de Doppler, la duración media del desvanecimiento y el tiempo de coherencia (proporcional a la duración media del desvanecimiento) son ambos parámetros que describen la naturaleza de ser variable con el tiempo del canal de radio. Si hay un movimiento relativo entre una estación de telefonía móvil y un nodo de infraestructura entonces habrá problemas de desvanecimiento asociados con el mismo. Lo mismo aplica si hay un objeto moviéndose en la ruta de radio entre dos nodos de infraestructura o entre un nodo de infraestructura y una estación de telefonía móvil. Cuando cada nodo envía y recibe periódicamente señales de aviso, por ejemplo, "mensajes de saludo", o de alguna otra manera monitoriza las señales de radio de los nodos vecinos, es posible medir la llamada desviación de Doppler f_D que puede proporcionar una indicación de la calidad del canal de radio, la desviación de Doppler es una medida del ancho de la difusión de Doppler. Esta medida se compara con un límite superior para la desviación de Doppler f_{DUL} que establece el límite al cual el algoritmo de encaminamiento ad hoc todavía podría adaptarse sin degradar la eficiencia de la transmisión. Si el ancho de banda de la señal es mucho mayor que el límite de umbral determinado de la difusión de Doppler los efectos son despreciables y esta situación se define como de desvanecimiento lento y por ello no es un problema para que el algoritmo de encaminamiento ad hoc se adapte a él incrementando la frecuencia de actualización. No obstante, si la difusión de Doppler es mayor que el nivel de umbral determinado, el desvanecimiento está en una llamada región rápida, entonces en el caso de que el algoritmo de encaminamiento incremente la frecuencia de la actualización de la ruta, esto empezará en algún punto a degradar la eficiencia del flujo del tráfico puesto que el tráfico de control tendrá una porción cada vez mayor de las capacidades de

50

55

60

transmisión disponibles. Debe observarse que puesto que la difusión de Doppler aumenta más, el efecto de FEC (Corrección de Error de Transmisión – Forward Error Correction, en inglés) aumenta también, proporcionando así una calidad del enlace de L2 que aumenta de manera continua.

- 5 La duración media del desvanecimiento $\langle \tau_D \rangle$ se calcula a partir del modelo de Rayleigh de desvanecimiento. A partir de estos cálculos es posible deducir la duración media del desvanecimiento y comparar ésta con un límite de umbral $\langle \tau_{DUL} \rangle$ que puede ser comparado con su f_{DUL} correspondiente. $\langle \tau \rangle$ puede ser calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$\langle \tau_D \rangle = \frac{\sum_{m=1}^M \tau_m}{N(R_s)T}$$

10 donde M es el número de duraciones de desvanecimiento monitorizadas, τ_m es la duración de desvanecimiento m-ésima, $N(R_s)$ es el número de cruces de nivel con desvanecimiento en el nivel R_s por segundo y T es el tiempo de medición.

15 Otro parámetro que describe la calidad del enlace de radio es la llamada velocidad de variación VS (Variation Speed, en inglés) 201, como se ilustra en la Figura 2, que es una medida de a qué velocidad cambia la potencia de la señal recibida 202 ó la relación de ruido de señal a interferencia 202. VS 201 puede ser calculada diferenciando la potencia instantánea del canal 202. Cuando VS 201 es menor que un nivel de umbral V_{SUL} 203, el algoritmo de encaminamiento ad hoc es todavía capaz de adaptarse sin degradar la eficiencia de la red. No obstante, cuando VS 201 es mayor que V_{SUL} 203 aparecerá el mismo problema que para la difusión de Doppler mencionada anteriormente, donde la frecuencia de actualización 204 de la tabla de encaminamiento conducirá a una degradación de la eficiencia de la transmisión debido a que el tráfico de control se lleva una porción mayor de las capacidades de transmisión disponibles.

25 La segunda capa 105 (L2) maneja el control de la transmisión de porciones mayores de información y se cuida del manejo del error, de la detección y de las respuestas apropiadas a los errores. Puede también proporcionar a la tercera capa 106 información acerca de la calidad del enlace, puesto que maneja la detección de error. Por ejemplo, la información acerca del número de señales de NACK o de ACK 408, 409 y 410 puede ser pasada al monitor del estado del enlace 102. Una interpretación de estos parámetros puede ser que un aumento del número de señales de NACK indicaría que el enlace está reduciendo su calidad, mientras que un incremento de las señales de ACK indicaría que el canal de radio está mejorando su calidad.

30 También el número de errores de bit que son detectados y corregidos mediante un elemento de Corrección de Error de Transmisión (FEC – Forward Error Correction, en inglés) situado en la L2 105 puede ser reportado al monitor de estado del enlace 102. Este parámetro puede reflejar la calidad del enlace que no aparece explícitamente a partir de la señalización de ACK/NACK mencionada anteriormente.

35 El monitor del estado del enlace 102 monitoriza la propiedad del canal y la información de la calidad del enlace obtenida de la primera capa de red 104 L1 y la segunda capa de red 105 L2. El monitor del estado del enlace 102 determina la calidad, con respecto a criterios predeterminados, del canal de radio y la clasifica en uno de dos tipos diferentes de categorías de desvanecimiento; desvanecimiento lento o rápido si se mide la difusión de Doppler o categorías de VS lenta o rápida si se mide VS.

40 El monitor del estado del enlace 102 puede recibir también información de una capa de aplicación o del hardware del nodo que es relevante en un proceso de determinación de ruta. Tal información puede ser, por ejemplo, el nivel de la batería o el estado de la energía de los nodos de infraestructura en la red con el fin de excluir tales nodos en la ruta de encaminamiento o al menos reducir la cantidad de uso de tales nodos. Esta exclusión se realiza con el fin de preservar el nivel de batería de estos nodos, puesto que pueden ser terminales cliente y los clientes/ usuarios finales no desean que su equipo se quede sin energía por varias razones. Hay también un riesgo mayor de que los nodos con niveles de batería bajos puedan dejar de funcionar en el tiempo de futuro cercano. Otro de tales parámetros de encaminamiento relevantes puede ser la información de la propiedad de los nodos de infraestructura, con el fin de poder implementar un método de encaminamiento de un coste que sea el menos económico en una red de multi-propietarios.

45 El monitor del estado del enlace 102 transmite la información del estado obtenida y analizada a un elemento de encaminamiento 101. Este elemento 101 lleva a cabo cálculos de encaminamiento para determinar una ruta para el paquete de datos actual para ser enviado; también determina cuándo y cómo debe actualizar la tabla de encaminamiento. El elemento de encaminamiento 101 maneja el envío y la recepción tanto del tráfico de datos como del tráfico de control. Maneja el procesamiento de las actualizaciones del encaminamiento e inicia las

actualizaciones del encaminamiento de acuerdo con planificaciones predeterminadas o a partir de la información del estado obtenida del monitor del estado del enlace 102.

5 El método de determinación de ruta que utiliza un modelo o procedimiento predictivo consiste en tomar la información del estado del enlace obtenida de las mediciones de la calidad de radio y/o del enlace, monitorizar las variaciones de enlaces y anticipar o extrapolar el estado del futuro cercano de cada enlace almacenado en la tabla de encaminamiento, así el elemento de encaminamiento 101 puede actualizar la configuración del encaminamiento antes de que fallen los enlaces. Esto tiene la ventaja de reducir el flujo de tráfico innecesario debido a paquetes perdidos.

10 El método o procedimiento de determinación de ruta puede ser resuelto en un programa de software que reside en los nodos de infraestructura.

15 En L3 106 se almacena información acerca de mediciones previas para una cierta cantidad de tiempo con el fin de comprender las tendencias y cambios de la calidad del enlace. Ésta se almacena con técnicas estándar dependiendo del hardware utilizado en los nodos de infraestructura.

20 La Tabla 1 muestra algunos escenarios y su interpretación considerando la potencia de la señal junto con un parámetro de desvanecimiento o parámetro VS de velocidad de variación.

Tabla 1: Características del estado del enlace

Potencia de la señal o calidad de L2	f_D alta o VS alta	f_D baja o VS baja
Baja	Errores continuos y aleatorios	Errores de ráfaga para alguna duración de tiempo
Alta	Condición continua y buena	Condición en ráfagas y buena para alguna duración de tiempo

25 A partir de la Tabla 1 es posible obtener los siguientes ejemplos de criterios de anticipación junto con las asunciones que se listan a continuación acerca de las tendencias de la potencia de la señal:

1. En el caso de baja f_D o baja VS:

30 Si la potencia de la señal va de baja a alta, va a aparecer una nueva ruta.
Si la potencia de la señal va de alta a baja, la ruta actual se desvanecerá.

2. En el caso de f_D alta o VS alta:

35 Si la potencia de la señal va de baja a alta, una nueva ruta continua va a aparecer lentamente.
Si la potencia de la señal va de alta a baja, la ruta continua actual va a desaparecer lentamente.

40 La potencia de la señal o la calidad de L2 en la Tabla 1 se refieren a niveles medios, lo que significa que representan la calidad del canal durante un intervalo de tiempo relativamente largo, mientras que f_D o VS están definidos en el intervalo de tiempo corto. La definición de largo y corto a este respecto depende del sistema en el que esté implementada la invención. Un intervalo de tiempo largo puede definirse como que cubre el intervalo de varias tramas de tráfico, mientras que un intervalo de tiempo corto puede definirse como que cubre el intervalo de varios símbolos o bits transmitidos. Por lo tanto las variaciones de canal rápidas en un tiempo corto pueden hacer que puedan recuperarse errores de bit aleatorios mediante técnicas de FEC (Corrección de Error de Transmisión – Forward Error Correction, en inglés). Puesto que la FEC lleva una parte de información (a veces llamada bits sistemáticos) y su parte de paridad usando diferentes instantes de tiempo, si los instantes de tiempo están suficientemente separados, así que no hay correlación de canal de tiempo entre los dos instantes, la FEC puede proporcionar un efecto de diversidad de tiempo; en el cual la parte de información o la parte de paridad pueden sobrevivir al desvanecimiento. La función de FEC puede entonces recuperar la información correcta.

50 A partir de estos casos resulta evidente cómo es posible modificar el protocolo de encaminamiento ad hoc de una manera predictiva, en particular relativa a las actualizaciones de ruta.

Algunos ejemplos de utilizar este método se darán ahora tanto para protocolos de encaminamiento ad hoc reactivos como proactivos.

55 Si el encaminamiento está basado en un protocolo proactivo la tabla de encaminamiento es actualizada periódicamente mediante procedimientos normales que dependen del protocolo utilizado. Un protocolo tal puede ser DSDV, el cual mantiene una tabla de encaminamiento de nodos de la red. Este protocolo de encaminamiento es modificado de acuerdo con la medición del estado y de un listado extra en la tabla de encaminamiento es añadido de manera correspondiente indicando el estado del enlace. La información del estado del enlace es distribuida

utilizando técnicas normales que dependen del protocolo de encaminamiento elegido, por ejemplo utilizando “mensajes de saludo” y/o mensajes de topología.

5 Si, por ejemplo, un paquete de datos va a ser enviado al nodo C 503 desde el nodo A 501 como se indica en la Figura 5A, el paquete de datos es transmitido a través del nodo B 502. No obstante, puesto que el estado actual del enlace entre el nodo B 502 y el nodo C 503 en este ejemplo se sabe que es cerrándose (es decir, la potencia de la señal se está reduciendo en el tiempo) y el comportamiento es en ráfagas (es decir, el parámetro de desvanecimiento o VS ha sido medido como menor que el valor de umbral), y el sistema también conoce a partir de las mediciones que una ruta que pasa a través del nodo D 504 tiene una mejor calidad, el elemento de encaminamiento 101 decide entonces que el siguiente paquete será enviado a través del nodo D 504 en lugar de utilizar la ruta antigua 505 y 506 a través del nodo B 502, este cambio de ruta se indica en la Figura 5B.

10 Un método de encaminamiento de acuerdo con un protocolo de encaminamiento proactivo puede ser ilustrado en el algoritmo que se describe a continuación (véase también la Figura 7B):

- 15 1. Todos los nodos de la red ad hoc inalámbrica miden su respectiva calidad del enlace hacia los vecinos de una manera regular.
2. Toda la información de la calidad es distribuida a todos los nodos de la red ad hoc inalámbrica y actualizada y almacenada en sus respectivas tablas de encaminamiento de acuerdo con las frecuencias de actualización de encaminamiento determinadas.
- 20 3. Un nodo de fuente desde donde los paquetes de datos se originan determina una ruta apropiada utilizando la información de la calidad del enlace y el modelo predictivo.
4. El paquete de datos bajo consideración es encaminado a un nodo de destino de acuerdo con la ruta determinada.

25 Si el encaminamiento está basado en un protocolo de encaminamiento reactivo se utiliza un método ligeramente diferente. La determinación de la ruta no se actualiza de la misma manera periódica que para el protocolo proactivo, sino que por el contrario se actualiza a demanda; el protocolo de encaminamiento reacciona bajo la demanda de envío de un paquete y por ello ante la necesidad de conocer al menos parte de la ruta para enviar el paquete.

30 Como se ve en la Figura 3, que ilustra un ejemplo de descubrimiento de ruta modificada en un protocolo de encaminamiento reactivo, la información del estado del enlace 301, 305 y 306 se incluye en el mensaje de respuesta de ruta (RREP – Route REPlay, en inglés) normal que define la información del descubrimiento de ruta devuelta al nodo de fuente 300. Con esta información el elemento de encaminamiento 101 puede cambiar la ruta del paquete de datos dependiendo de la información obtenida acerca de la ruta activa actual. La información de estado incluida proporciona un mensaje de RREP modificado 313, 314 y 315 que proporciona al elemento de encaminamiento 101 información para obtener el estado actual del enlace y predecir el estado del enlace en un futuro cercano de todos los enlaces de la cadena entre el nodo de fuente 300 y el nodo de destino 303. La información del estado del enlace acerca de cada nodo de la cadena de encaminamiento es añadida al mensaje de respuesta de ruta (RREP – Route REPlay, en inglés) modificado. En la Figura 3 están implicados cuatro nodos de ejemplo en la transacción de un paquete. Un paquete es transferido de un nodo de fuente 300 a un nodo de destino 303 a través de dos nodos intermedios 301 y 302. Cuando el paquete es transferido al nodo de destino 303 el último nodo intermedio 302 devuelve un mensaje de RREP modificado 313. Este mensaje de RREP modificado 313 contiene información acerca de la información del enlace 304 entre el último nodo intermedio 302 y el nodo de destino 303. El mensaje de RREP es transferido de vuelta a la cadena hasta el nodo intermedio 301 previo (en el ejemplo de la Figura 1, éste es el nodo intermedio 1 301) y este nodo 301 añade información acerca del estado del enlace entre el propio enlace y el siguiente nodo 302 más arriba en la cadena (Nodo intermedio 2 302). Cuando el mensaje de RREP 315 finalmente vuelve al nodo de fuente 300 contendrá información acerca de todos los enlaces de la cadena de encaminamiento de la red entre el nodo de fuente 300 y el nodo de destino 303. Este tipo de esquema puede ser utilizado independientemente del número de nodos de la red; no obstante en la Figura 3 sólo se representan cuatro nodos pero debería comprenderse que éste no es un número limitativo. El número de nodos puede ser menor o mayor. Sólo la información de L1 en la RREP ha sido ilustrada en la Figura 3; no obstante también la información de L2 de cada nodo implicado puede estar incluida y/u otra información relevante para el encaminamiento puede ser también incluida. Este método puede ser utilizado por un protocolo de encaminamiento reactivo basado en ad hoc como, por ejemplo, AODV o DSR.

55 Un método de encaminamiento de acuerdo con un protocolo de encaminamiento reactivo puede ilustrarse en el algoritmo que se describe a continuación (véase también la Figura 7A):

- 60 1. Todos los nodos de la red ad hoc inalámbrica miden su respectiva calidad del enlace hacia los vecinos de una manera regular.
2. Toda la información de calidad es distribuida a todos los nodos que participan en la ruta en la red ad hoc inalámbrica y es actualizada en sus respectivas tablas de encaminamiento cuando una solicitud de ruta ha sido emitida.

3. El nodo de fuente determina una ruta apropiada utilizando la información de la calidad del enlace y el modelo predictivo.
4. El paquete de datos bajo consideración es encaminado de acuerdo con la ruta determinada.

5 También es posible modificar la señal de RREP estándar enviada en los protocolos de encaminamiento reactivo basados en ad hoc y esto se ilustra en la Figura 4. Esta modificación se realiza enviando un mensaje de RERR modificado desde un nodo 402 que ha detectado un posible fallo entrante hacia el siguiente salto 406. Este RERR modificado contiene información acerca del estado del enlace 404 de este enlace 406 de interés y es enviado de vuelta al nodo de fuente 400. Los nodos intermedios anteriores en la cadena de red 401 transmiten esta información 10
404 al nodo de fuente 400. El elemento de encaminamiento 101 del nodo de fuente 400 utiliza esta información 404 y puede cambiar la ruta de manera correspondiente.

15 Utilizando este planteamiento de RERR 404 modificado es posible reducir drásticamente las retransmisiones de paquetes debido a fallos en el enlace posteriores en la cadena de red. Normalmente pasa bastante tiempo antes de que el protocolo de encaminamiento detecte un fallo del enlace, y el elemento de encaminamiento 101 trata de reenviar el paquete de datos varias veces antes de decidir que ha ocurrido un fallo del enlace y cambia la configuración de encaminamiento. Con el presente método es posible cambiar la ruta de encaminamiento antes de que el enlace falle y por lo tanto el número de retransmisiones debidas a fallos de enlace puede ser reducido o incluso eliminado.

20 Una ventaja útil para esta invención del encaminamiento de ad hoc por medición del estado del enlace es que es posible introducir equilibrado de carga o planificación del tráfico de acuerdo con el tipo de tráfico y los recursos disponibles. El conocer el estado actual del enlace y/o el estado del enlace en un futuro cercano de diferentes rutas proporciona la oportunidad de encaminar el tráfico de una manera inteligente. El tráfico que necesita un gran ancho de banda puede ser encaminado a través de enlaces buenos y continuos, las aplicaciones que necesitan un gran ancho de banda pueden ser aplicaciones que necesitan una sincronización relativamente precisa o en las que los retardos son subjetivamente experimentados como negativos, ejemplos de estos tipos de aplicaciones son, pero no están limitadas a, aplicaciones de voz sobre IP (VoIP – Voice over IP, en inglés), telefonía, video o música en tiempo real y aplicaciones de juegos. Las aplicaciones que no necesitan un gran ancho de banda y/o enlaces continuos pueden ser, por ejemplo, mensajes de correo electrónico, transmisiones de información en la red, descarga o subida de archivos de datos y tráfico de control de la red. El último tipo de ejemplos son muy insensibles a los retardos o a la retransmisión de paquetes puesto que no implican la interacción humana o aplicaciones de sincronización precisa.

35 En el caso de una sesión de telefonía o de Voz sobre IP (VoIP – Voice over IP, en inglés), la aplicación necesita tener una buena conexión con el fin de proporcionar a los usuarios una adecuada calidad de escucha, los humanos son sensibles a los retardos en el enlace de comunicación. Este tipo de aplicación no necesariamente demanda un gran ancho de banda, pero precisa una conexión continua con un retardo en el tiempo de transmisión lo más pequeño posible; por lo tanto es necesario tener una conexión que no experimente muchas retransmisiones de paquetes de datos. Este tipo de consideraciones se denomina Calidad de Servicio (QoS – Quality of Service, en inglés).

40 Otra aplicación que no necesita un gran ancho de banda pero que es bastante sensible a los retardos en el tiempo de los paquetes de datos son las aplicaciones de juegos. Éstas comparten información entre usuarios en línea que están trabajando por parejas y para obtener la mejor calidad de los juegos, existen, al menos parcialmente, demandas en tiempo real.

50 Un tipo de sesión que necesita tanto un gran ancho de banda como pequeños retardos es cuando se utiliza video en tiempo real o radio en tiempo real, como por ejemplo, cuando las películas de video son transmitidas y vistas en tiempo real en Internet o en otras redes basadas en IP. Las aplicaciones de video normalmente utilizan archivos muy grandes y tienen una tasa de trama alta y precisan así un ancho de banda muy grande. Si hay muchas retransmisiones de paquetes de datos el espectador experimentará retardos y secuencias bruscas en la película, lo que en muchos casos resulta inaceptable para los espectadores.

55 La comunicación que implica por ejemplo comunicaciones de correo electrónico (por ejemplo, SMTP, POP, IMAP, MIME y DMSP o variantes de todas éstas), descargas de archivos (por ejemplo, FTP, TFTP o SCP) o páginas de la Red (http o similar) es independiente de la calidad del enlace en muchos aspectos y puede por lo tanto ser encaminada a través de rutas con menor calidad. El tráfico de control de red o las funciones estadísticas son también ejemplos de aplicaciones que no necesitan un gran ancho de banda y enlaces continuos. El esquema de SNMP (Simply Network Management Protocol, en inglés) a menudo utilizado para configurar, gestionar y supervisar tráfico de datos a través de nodos de infraestructura es un ejemplo de tal aplicación.

60 También puede ser posible encaminar el tráfico de acuerdo con la longitud de los paquetes enviados.

5 El modelo de encaminamiento inteligente que utiliza el modelo predictivo puede ser utilizado en muchas áreas de aplicación diferentes tales como, por ejemplo, por la policía en general o durante eventos especiales, fuerzas de rescate durante un desastre o un accidente, fuerzas militares en el campo de batalla o durante entrenamientos, o para áreas de acceso inalámbrico en edificios para propósitos de comunicación tanto para acceso a red residencial como comercial. Por ejemplo es posible utilizar estas y otras redes ad hoc para construir un acceso de banda ancha utilizando un equipo de intervalo corto, coste bajo, inalámbrico en áreas residenciales en las que otra tecnología de acceso de banda ancha es escasa o demasiado cara para conectarse a ella. Puede también ser utilizado en distritos comerciales para proporcionar acceso de banda ancha a empresas o a pequeñas compañías, o para conexiones inalámbricas a los llamados hotspots (puntos de conexión inalámbrica). Los hotspots se caracterizan porque proporcionan acceso de comunicación dentro de una cierta área, por ejemplo en una sala de espera de un aeropuerto o en hoteles, para clientes que pagan o de manera gratuita dependiendo del modelo de negocio.

10 Debe observarse que incluso aunque en una realización preferida se utilice un monitor de estado del enlace 102, esta función podría también ser incorporada en el elemento de encaminamiento 101.

15 El protocolo de encaminamiento es independiente del esquema de codificación de radio utilizado y puede utilizarse cualquier tipo de radio. Por ejemplo, se pueden mencionar estándares de radio como el de la serie 802.11 del IEEE (por ejemplo, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g y así sucesivamente), IEEE 802.15, IEEE 802.16, HiperLAN, HomeRF, Bluetooth, IR (InfraRojo), UWB (Banda Ultra Ancha - Ultra WideBand, en inglés), JTRS (Sistema de Radio Táctica Conjunta – Joint Tactical Radio System, en inglés), 3G (comunicación para móviles de Tercera Generación - Third Generation mobile communication, en inglés), GPRS (Servicio de Radio en paquetes General – General Packet Radio Service, en inglés), o EDGE (Tasa de Datos Mejorada para Evolución Global – Enhanced Data rate for Global Evolution, en inglés). No obstante los posibles estándares de radio no están limitados a lo mencionado anteriormente. Puede ser cualquier esquema de operación basado en la radiación electromagnética adecuado que opere dentro de la banda de frecuencia de 100 kHz a 100 PHz; esto incluye frecuencias de radio, frecuencias de microondas y frecuencias en los regímenes de infrarrojos, visible y ultravioleta.

25 Aplicaciones paralelas para resolver el encaminamiento ad hoc predictivo y la diversidad de ruta:

- 30
1. "Ad hoc predictivo"
 2. "Diversidad de ruta ad hoc"

han sido presentadas simultáneamente por los mismos inventores.

35 Debe observarse también que incluso aunque se ha ilustrado una red ad hoc inalámbrica en la realización preferida los mismos conceptos pueden ser aplicables a una red de cable o a una red inalámbrica fija.

40 Aunque la invención ha sido descrita con detalle para el propósito de ilustración, se comprende que tal detalle es únicamente para ese propósito y que los expertos pueden realizar variaciones a la misma sin separarse del alcance de la invención excepto por lo que puedan limitar las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para el encaminamiento eficiente en una red de comunicación inalámbrica de multi-salto, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 obtener información del estado del enlace entre nodos de la red;
 actualizar un elemento de encaminamiento (101) con la citada información del estado del enlace, utilizando un modelo predictivo en el cual el estado en el futuro cercano de al menos un enlace almacenado en el elemento de encaminamiento es anticipado o extrapolado basándose en la información del estado del enlace, tomando el citado modelo predictivo la citada información del estado del enlace de mediciones de la calidad de radio y/o del enlace considerando la potencia de la señal junto con un parámetro de desvanecimiento o un parámetro de velocidad de variación recibidos relativos a la señal recibida;
- 10 determinar una ruta de acuerdo con la citada información del estado del enlace y la potencia de la señal medida con respecto al contenido del tráfico y la consideración del tipo y/o propiedades del tráfico, y la información del estado del enlace comprendida en el elemento de encaminamiento; y
- 15 encaminar el tráfico de acuerdo con la citada ruta determinada.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende también la etapa de utilizar un sistema de transmisión para proporcionar comunicación entre nodos en la red de comunicación inalámbrica, basándose en la radiación electromagnética con una frecuencia en el intervalo de 100 kHz a 100 PHz.
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el citado sistema de transmisión es uno de IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16, HiperLAN, HomeRF, Bluetooth, IR, UWB, JTRS, 3G, GPRS y EDGE.
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el citado contenido del tráfico es uno de VoIP, datos de juegos, video o música en tiempo real, correo electrónico, tráfico de gestión de red y contenido de la red amplia mundial (WWW – World Wide Web, en inglés).
- 30 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el citado contenido del tráfico está caracterizado por un parámetro de Calidad de Servicio.
6. Un nodo en una red de comunicación inalámbrica de multi-salto, que comprende:
- 35 un medio de obtención (3001) para obtener información del estado del enlace de los nodos en una red que comprende una pluralidad de nodos;
 un medio de actualización (102) para actualizar la citada información del estado del enlace a un elemento de encaminamiento (101), utilizando el citado medio de actualización un modelo predictivo en el cual un estado en el futuro cercano de al menos un enlace almacenado en el elemento de encaminamiento es anticipado o extrapolado basándose en la información del estado del enlace, tomando la citada información del estado del enlace de las mediciones de la calidad de radio y/o del enlace, considerando la potencia de la señal recibida junto con un parámetro de desvanecimiento o un parámetro de velocidad de variación relativos a la señal recibida;
- 40 un medio de determinación (3002) para determinar una ruta de acuerdo con la citada información del estado del enlace y con la potencia de la señal medida con respecto al contenido del tráfico y la consideración del tipo y/o propiedades del tráfico, y la información del estado del enlace comprendida en el elemento de encaminamiento;
- 45 un medio de encaminamiento (101) para encaminar paquetes de datos de acuerdo con la ruta determinada; y
 un medio de comunicación (805) para transmitir los citados paquetes de datos.
- 50 7. El nodo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la comunicación entre nodos es un sistema de transmisión basado en la radiación electromagnética con una frecuencia en el intervalo de 100 kHz a 100 PHz.
- 55 8. El nodo de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el citado sistema de transmisión es uno de IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16, HiperLAN, HomeRF, Bluetooth, IR, UWB, JTRS, 3G, GPRS y EDGE.
9. El nodo de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el citado contenido del tráfico es uno de VoIP, datos de juegos, video o música en tiempo real, correo electrónico, descargas de archivos, tráfico de control de red, tráfico de gestión de red y contenido de la Red Amplia Mundial (WWW - World Wide Web, en inglés).
- 60 10. El nodo de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el citado contenido del tráfico está caracterizado por un parámetro de Calidad de Servicio.
11. Un programa de ordenador en un nodo en una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo el programa:

- 5 un primer conjunto de instrucciones para obtener información del estado del enlace entre nodos de la red;
un segundo conjunto de instrucciones para actualizar un elemento de encaminamiento (101) con la citada información del estado del enlace, utilizando un modelo predictivo en el cual un estado en el futuro cercano de al menos un enlace almacenado en el elemento de encaminamiento es anticipado o extrapolado basándose en la información del estado del enlace, tomando el citado modelo predictivo la citada información del estado del enlace de las mediciones de la calidad de radio y/o del enlace, considerando la potencia de la señal junto con un parámetro de desvanecimiento o un parámetro de velocidad de variación relativos a la señal recibida;
- 10 un tercer conjunto de instrucciones para determinar una ruta de acuerdo con la citada información del estado del enlace y la potencia de la señal medida con respecto al contenido del tráfico y la consideración del tipo y/o las propiedades del tráfico, y la información del estado del tráfico comprendida en el elemento de encaminamiento; y
- un cuarto conjunto de instrucciones para encaminar el tráfico de acuerdo con la citada ruta determinada.
- 15 12. Una red de comunicaciones inalámbrica que comprende un nodo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-10.

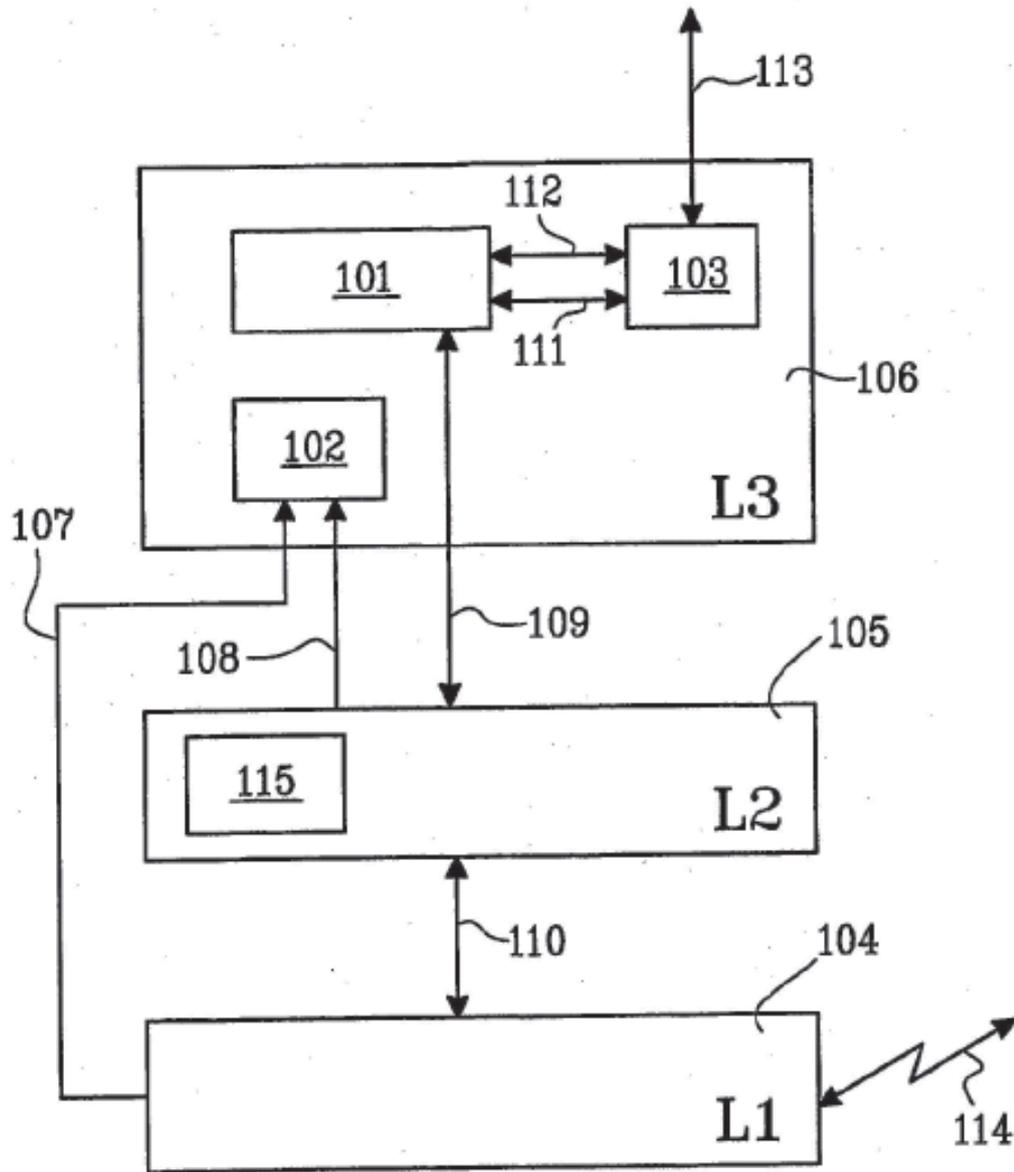


FIG. 1

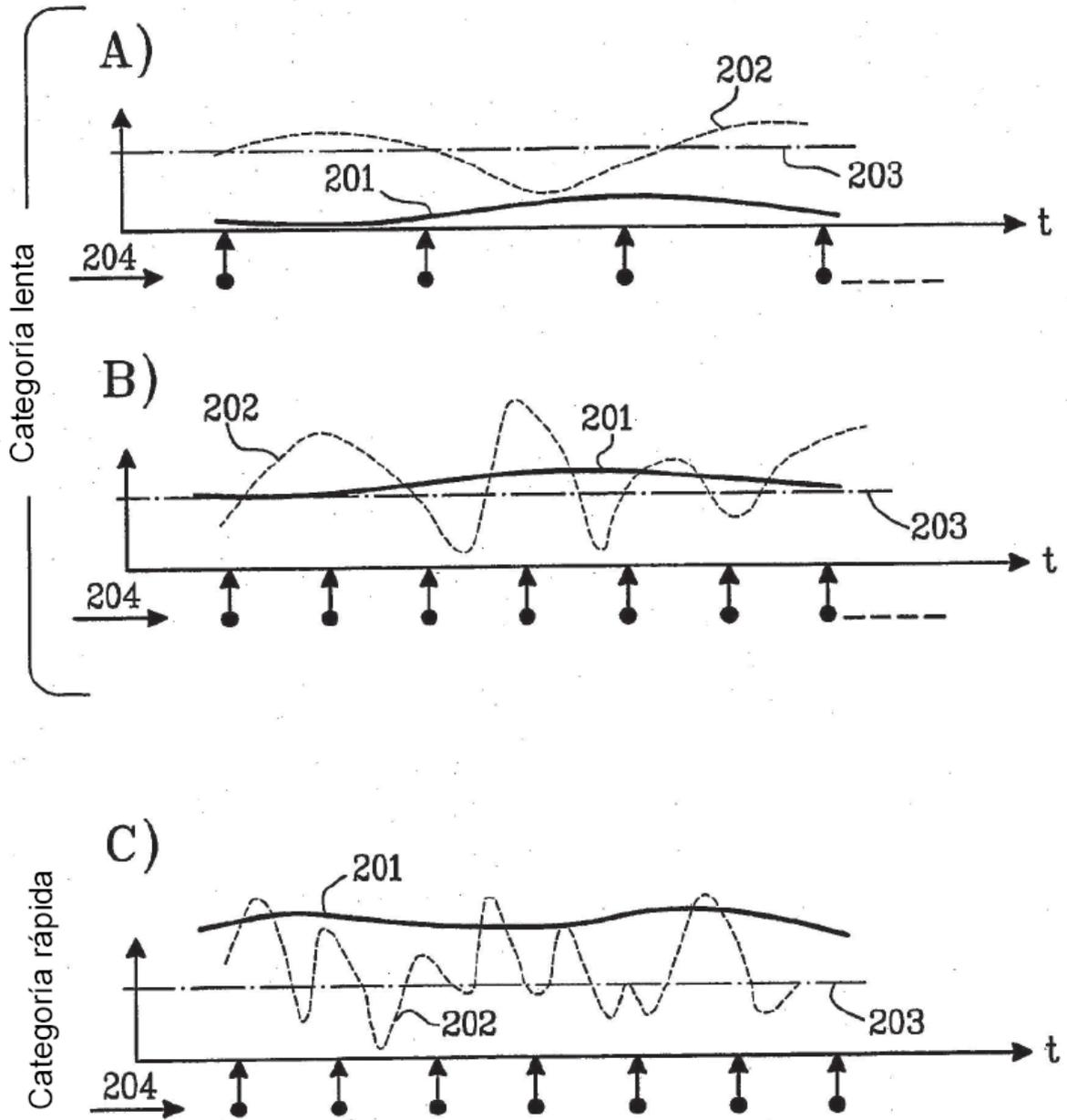


FIG.2

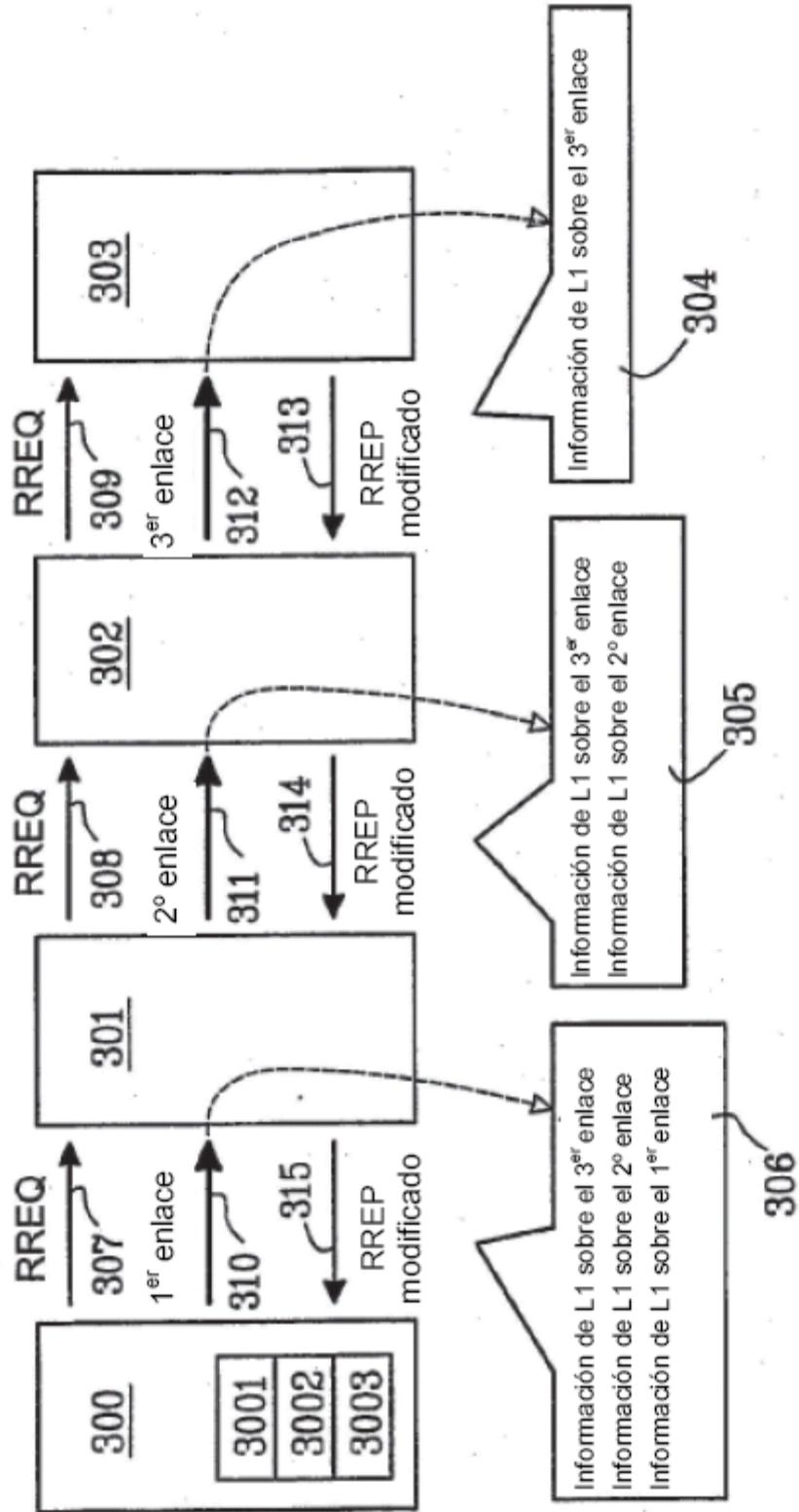


FIG.3

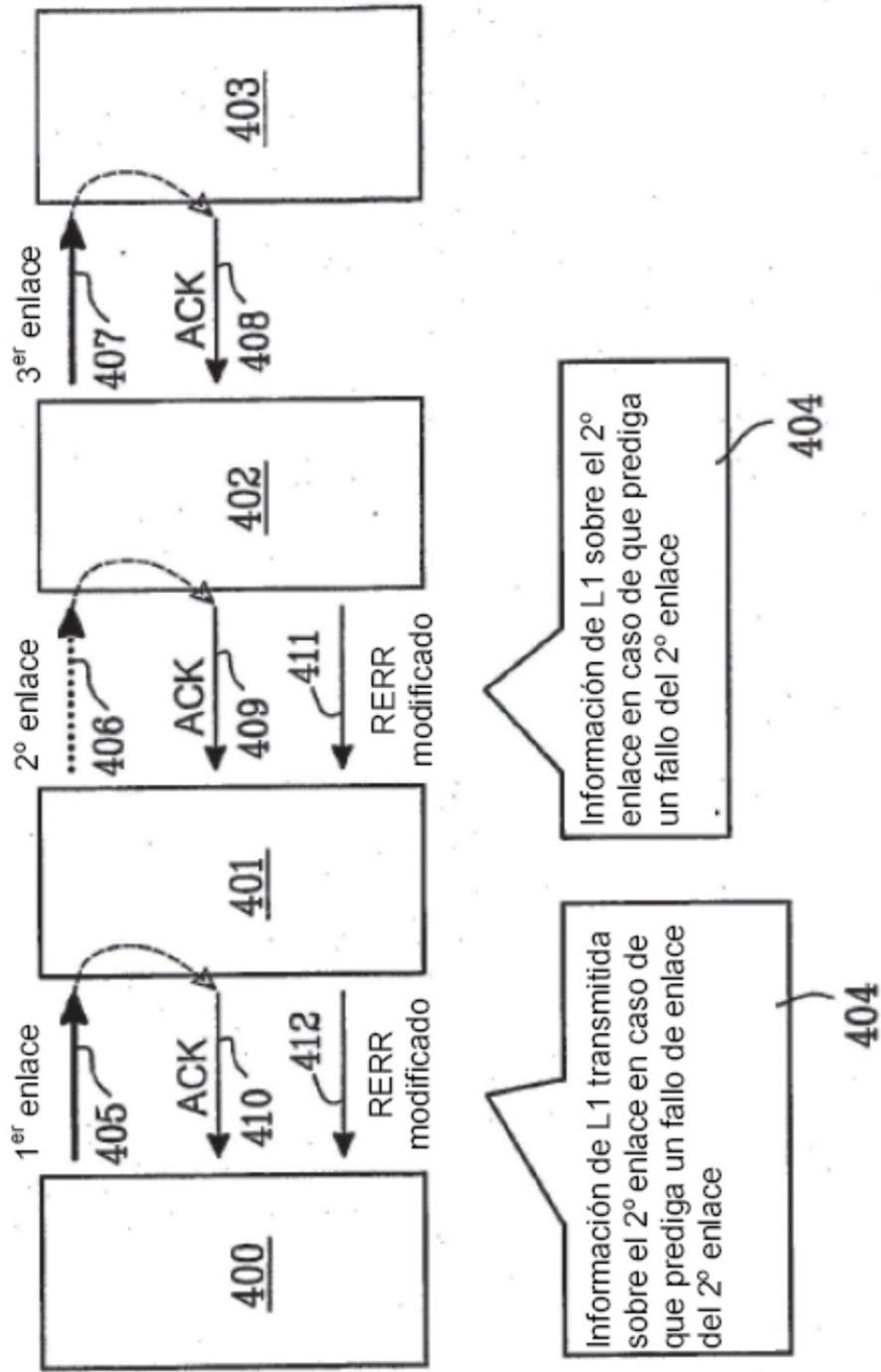


FIG.4

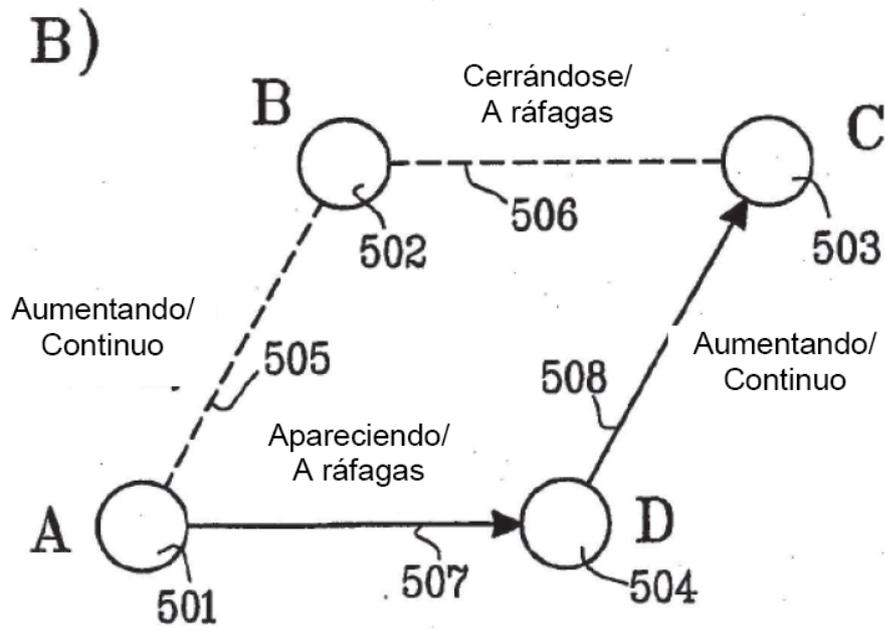
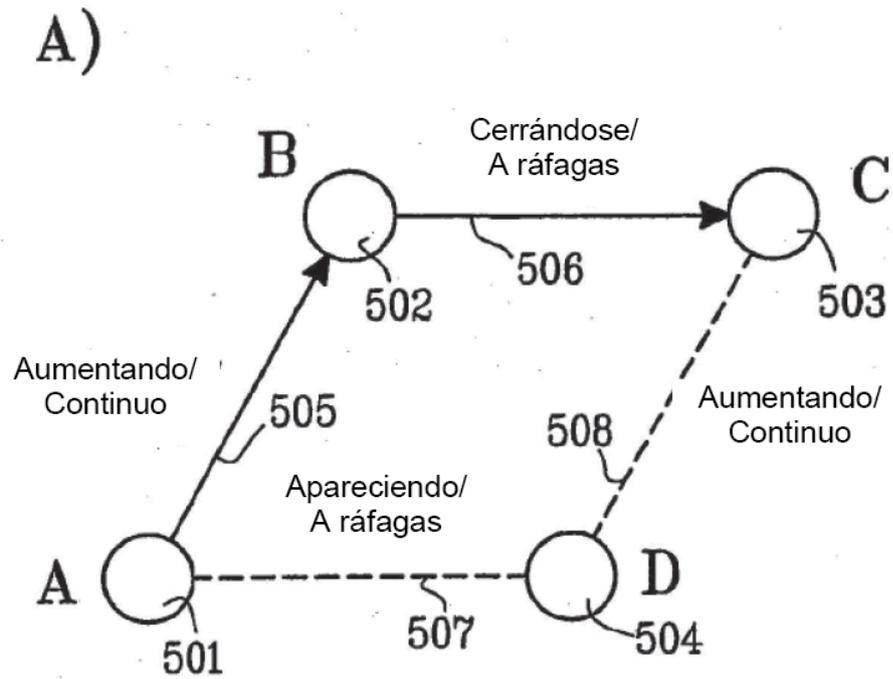


FIG.5

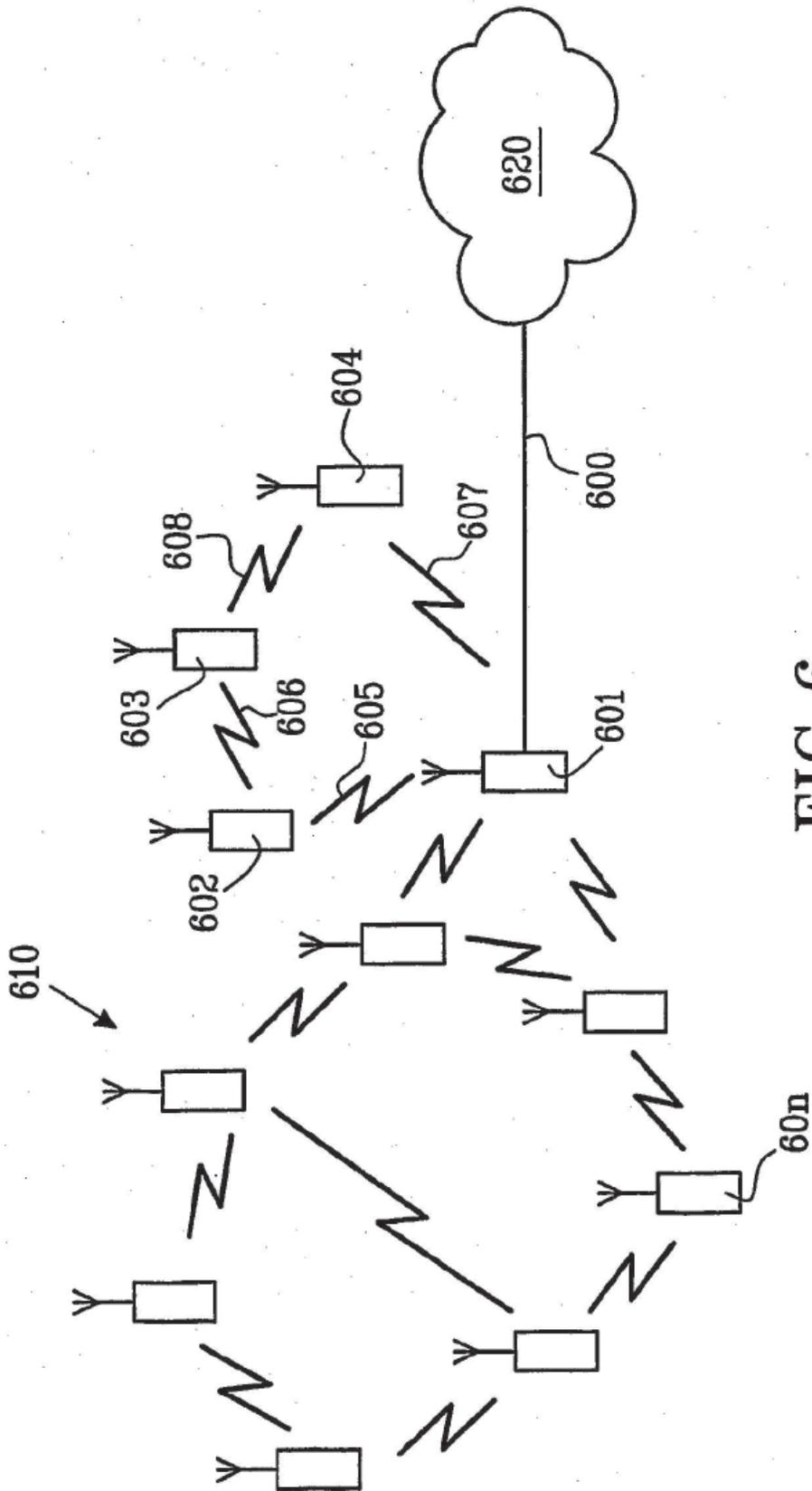


FIG.6

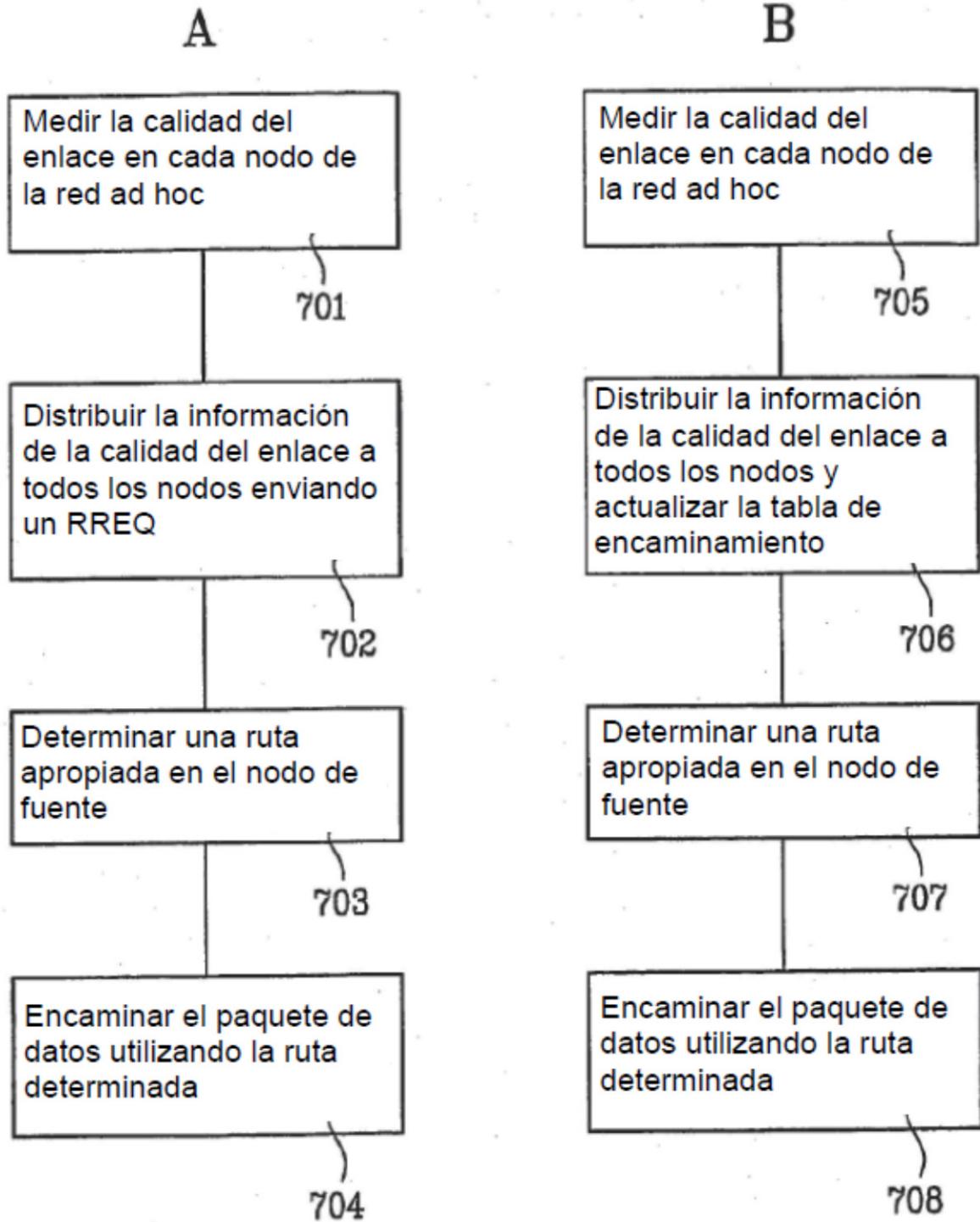


FIG. 7

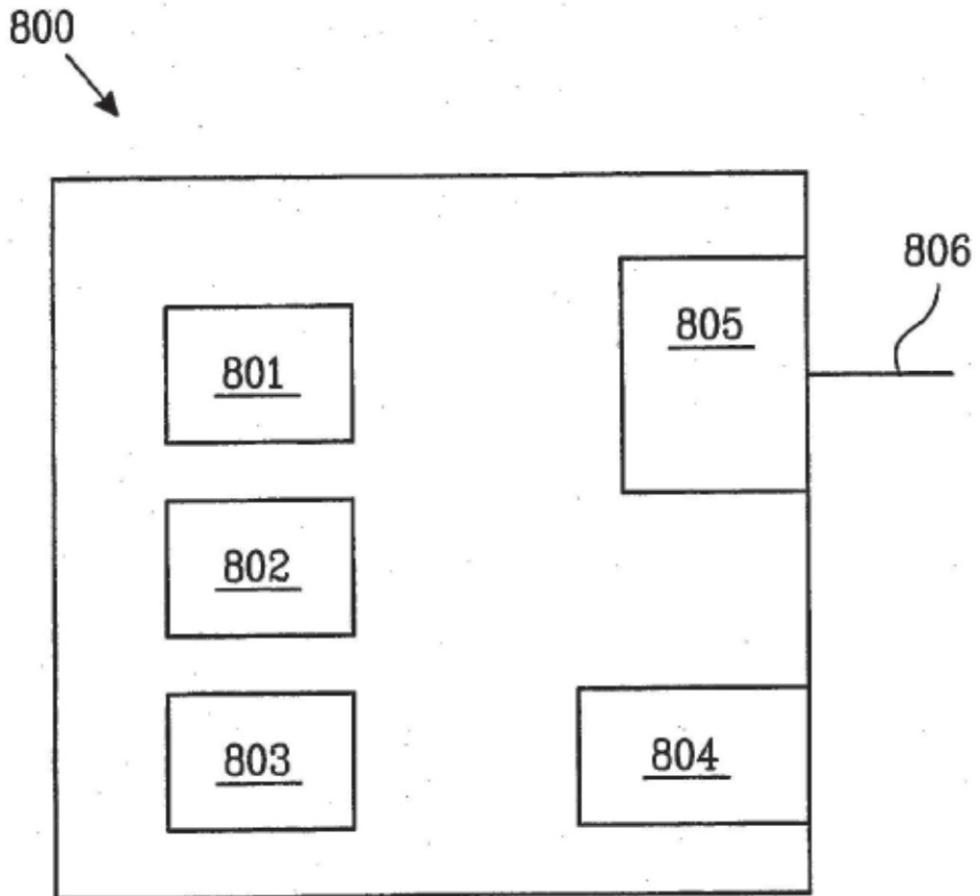


FIG. 8