

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 592**

51 Int. Cl.:

H04W 72/08 (2009.01)

H04W 28/02 (2009.01)

H04W 28/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2011 PCT/US2011/039180**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11153507**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2011 E 11725847 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2578037**

54 Título: **Métodos, sistemas y productos de programas informáticos de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

09.03.2011 US 201161451039 P
04.06.2010 US 351541 P
30.07.2010 US 369181 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.05.2019

73 Titular/es:

BOARD OF REGENTS, THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM (100.0%)
201 West 7th Street, Suite 820
Austin, TX 78701, US

72 Inventor/es:

BHARGAVA, VIDUR;
VISHWANATH, SRIRAM y
JOSE, JUBIN

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 714 592 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

Métodos, sistemas y productos de programas informáticos de comunicación inalámbrica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a redes de comunicación inalámbricas, y más particularmente al enrutamiento de señales y la programación de transmisiones en redes inalámbricas.

Antecedentes de la invención

10 En algunos sistemas de comunicaciones inalámbricas, como sistemas de comunicaciones celulares, una área geográfica de la red está dividida en subáreas denominadas «células». Cada célula puede, por ejemplo, tener unos 26 kilómetros cuadrados de superficie en una área mayor de 130 kilómetros cuadrados. Cada célula puede incluir un dispositivo denominado «estación base celular», que, en algunos sistemas, dispone de una torre para recibir/transmitir y una base conectada a una red telefónica pública conmutada (PSTN).

15 Las áreas suelen estar divididas en células a fin de utilizar el espectro de forma más eficiente. Normalmente a un proveedor de servicios inalámbricos se le asigna un número limitado de canales de frecuencia. El uso de las células, en algunas aplicaciones, facilita la reutilización de la frecuencia, de forma que, por ej. diferentes usuarios (por ej. personas que utilizan teléfonos móviles o dispositivos inalámbricos que envían o reciben datos por una red inalámbrica) se pueden comunicar con diferentes estaciones base en la misma frecuencia en diferentes células, reutilizando así el espectro al tiempo que se evitan o reducen las interferencias. Los sistemas telefónicos celulares suelen ser digitales y cada célula tiene varios canales para su asignación a los usuarios. En una ciudad grande, puede haber cientos de células.

20 Las redes móviles suelen incluir una oficina de conmutación de telefonía móvil (MTSC) que, en algunos sistemas, controla determinados aspectos operativos de algunas o la totalidad de las estaciones base de una región. Este control puede incluir el control de las conexiones en una red móvil terrestre pública (PLMN). Por ejemplo, cuando el dispositivo inalámbrico de un usuario recibe una llamada entrante, el MSC puede intentar localizar en qué célula se encuentra el dispositivo inalámbrico del usuario. A continuación el MSC puede
25 indicar a una estación base y a otros componentes del sistema que asignen recursos para la llamada al dispositivo inalámbrico. Después el MSC

30 se comunica con el dispositivo inalámbrico del usuario por un canal de control para informar al dispositivo inalámbrico del usuario de los recursos a utilizar. Por lo general, una vez que el dispositivo inalámbrico del usuario y su respectiva torre celular están conectados, la llamada puede continuar entre el dispositivo inalámbrico y la torre. Se utilizan mecanismos similares para facilitar la comunicación de datos (por ej. la comunicación de datos conmutados por paquetes) entre el dispositivo inalámbrico y la red.

35 En algunos sistemas de comunicaciones celulares, un dispositivo inalámbrico se comunica directamente con la estación base celular. Es decir, en algunos sistemas inalámbricos celulares, el dispositivo inalámbrico se comunica con la estación base celular a través de un salto, lo que significa que las señales enviadas entre el dispositivo inalámbrico y la estación base celular no son transmitidas a través de un dispositivo intermediario que recibe la señal de uno y se las transmite al otro.

40 En algunos sistemas, en determinadas ocasiones puede haber un número relativamente elevado de usuarios intentando comunicarse directamente con la estación base celular de una célula. Algunos de estos usuarios pueden encontrarse en áreas denominadas en el presente documento «regiones marginales/no operativas», que son áreas en las que el servicio inalámbrico es irregular o relativamente débil, porque la señal entre el dispositivo inalámbrico y la estación base celular es débil o está obstaculizada, normalmente por un terreno montañoso, exceso de follaje, distancias físicas, paredes de hormigón o edificios altos. En otro ejemplo de una región marginal/no operativa, algunos de estos usuarios se pueden encontrar en áreas denominadas en el presente documento «bordes de célula», que son áreas donde la interferencia de las células vecinas es
45 relativamente elevada.

50 Por otra parte, la intensidad/calidad de la señal en algunas áreas de la célula puede no ser suficiente para satisfacer la demanda de rendimiento del usuario. Esto se debe a que, cuando todo lo demás se mantiene constante, la velocidad de los datos que puede ser soportada entre un dispositivo inalámbrico y una estación base celular depende, en parte, de la intensidad/calidad de la señal entre el dispositivo y la estación base. En algunos sistemas celulares, los dispositivos inalámbricos están configurados para transmitir a una potencia relativamente elevada cuando el dispositivo se encuentra en una área de la célula en la que la intensidad de la señal es baja. Esto puede ayudar a soportar velocidades de datos superiores entre ese dispositivo particular y esa estación base particular. Sin embargo, la transmisión con una potencia superior consume una valiosa energía de la batería del dispositivo y también causa potencialmente más interferencias en las células vecinas. El hecho de causar más interferencias en las células vecinas puede afectar asimismo a la capacidad
55 efectiva del sistema celular.

Algunos sistemas celulares pueden utilizar modulación y codificación adaptativa. Para facilitar la comunicación, estos sistemas suelen utilizar esquemas de modulación y un cierto grado de corrección con codificación de errores (que puede tender a reducir la velocidad de los datos o el rendimiento del enlace inalámbrico) cuando la potencia de la señal entre un dispositivo inalámbrico y la estación base celular es relativamente baja. Por tanto, estos sistemas pueden conseguir una velocidad de datos entre el dispositivo y la estación base que depende, en parte, de la localización del dispositivo con respecto a la estación base. Además, en estos sistemas, si la misma cantidad del espectro se ha asignado a dos dispositivos inalámbricos en una célula, donde la potencia/calidad de la señal entre la estación base y el primer dispositivo es elevada y la potencia/calidad de la señal entre la estación base y el segundo dispositivo es baja, entonces el primer dispositivo podría (de media) enviar/recibir más datos útiles hacia/desde la estación base celular. Por tanto, durante la asignación del espectro a un dispositivo solicitante, la estación base celular suele encontrarse a merced de la localización del dispositivo solicitante a la hora de determinar la cantidad de espectro que se asigna. Esto también afecta a la capacidad efectiva del espectro inalámbrico.

US2009088070 divulga métodos, sistemas y medios legibles por ordenador para utilizar una función de repetición a fin de mejorar la calidad del servicio. Según el documento, se proporciona un método para utilizar una función de repetición para mejorar la calidad del servicio. Según el método se selecciona un primer dispositivo celular móvil. Se transmite una instrucción al primer dispositivo celular móvil que proporciona indicaciones al primer dispositivo celular móvil. Estas indicaciones hacen que el primer dispositivo celular móvil retransmita las comunicaciones entre el segundo dispositivo celular móvil y el proveedor de servicios móviles. El primer dispositivo móvil ofrece de este modo la función de repetición para el segundo dispositivo celular móvil.

Por tanto, existe una necesidad en la técnica de ampliar el área de cobertura efectiva y mejorar la capacidad efectiva de las estaciones base celulares y las redes móviles.

Esta necesidad existe con independencia de la falta de adecuación de otros tipos de redes inalámbricas (aunque como se explica en la descripción adjunta, las soluciones para una necesidad pueden facilitar soluciones para la otra). Por ejemplo, determinadas redes no celulares, como las redes inalámbricas que se comunican según las especificaciones IEEE 802.11n, pueden transmitir datos a una velocidad de transmisión más baja o a un menor número de dispositivos de lo deseable.

Breve descripción de las diversas vistas de la imagen

Las presentes invenciones se pueden comprender mejor cuando se tiene en cuenta la siguiente descripción detallada conjuntamente con las siguientes imágenes, donde:

La Figura 1 es una vista esquemática generalizada de una célula de una red móvil en la que los dispositivos inalámbricos de la célula tienen la capacidad de comunicarse con la estación base vía multisalto según una realización de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de vista de los circuitos internos de los componentes de un teléfono móvil conforme según una realización de la presente invención;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método para ampliar la cobertura de una red móvil según una realización de la presente invención;

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un método alternativo para ampliar la cobertura de una red móvil según una realización de la presente invención;

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método para seleccionar una función de un dispositivo inalámbrico en una red multisalto;

La Figura 6 es un ejemplo de un proceso para formar una señal de estado nodal;

Las Figuras 7A-D son ejemplos de escenarios de uso inalámbrico;

Las Figuras 8A-C son un ejemplo de un proceso para seleccionar una función de un dispositivo inalámbrico en una red multisalto;

La Figura 9 es un diagrama de flujo de un método para ampliar la capacidad de una red móvil según una realización de la presente invención;

La Figura 10 es un ejemplo de un proceso para seleccionar un nodo de relé;

Las Figuras 11 y 12 son ejemplos de procesos para transmitir datos de forma segura en una red multisalto;

La Figura 13 es un ejemplo de una red inalámbrica;

La Figura 14 es un ejemplo de un diagrama de temporización de transmisiones en la red de la Figura 13;

La Figura 15 es un ejemplo de un programa para mediar el acceso a un medio inalámbrico;

La Figura 16 es un ejemplo de un proceso para seleccionar un programa;

La Figura 17 es un ejemplo de una red multisalto;

Las Figuras 18 y 19 son más ejemplos de programas para mediar el acceso a un medio inalámbrico;

Las Figuras 20A-D son ejemplos de selecciones de programa para varias topologías de red;

5 Las Figuras 21-23 son más ejemplos de programas para mediar el acceso a un medio inalámbrico;

La Figura 24 es una ilustración de ejemplo de una topología con un nodo oculto;

Las Figuras 25A y 25B son ilustraciones de un proceso y equipo para controlar un dispositivo eléctrico;

Las Figuras 26A, 26B y 27 son ilustraciones de procesos y sistemas para controlar el tráfico;

10 Las Figuras 28-31 son ejemplos de diagramas de temporización y procesos para detectar colisiones en una red inalámbrica; y

La Figura 32 es un diagrama de temporización que ilustra un ejemplo de un frame de solicitud.

Descripción detallada

15 Las presentes invenciones incluyen métodos, dispositivos inalámbricos y productos de software informático para ampliar la cobertura y mejorar la capacidad de una red móvil. Las presentes invenciones incluyen asimismo métodos, dispositivos inalámbricos y productos de software informático para mejorar la capacidad de determinadas redes inalámbricas no celulares.

20 En una realización, un dispositivo inalámbrico (por ej. un teléfono móvil) es capaz de comunicarse con una estación base celular en una célula de la red móvil a través de una interfaz no celular vía otro dispositivo inalámbrico en la célula usando el multisalto. Un dispositivo inalámbrico puede solicitar permiso para comunicarse con la estación base por una interfaz no celular, saltando a otro dispositivo inalámbrico cuando la intensidad de su señal está por debajo de un umbral. Otros factores que pueden afectar a la decisión de un dispositivo de saltar incluyen, entre otros, la vida de la batería, el uso del ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad de la señal no celular, la intensidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica encontrado por la interfaz no celular y el nivel de interferencia inalámbrica encontrado por la interfaz celular, tal y como se explica detalladamente más abajo. Alternativamente, un dispositivo inalámbrico puede recibir una solicitud de comunicación con la estación base por una interfaz no celular vía salto del dispositivo inalámbrico que envió la solicitud cuando ese dispositivo inalámbrico ha superado su capacidad de ancho de banda con la estación base. Los dispositivos inalámbricos pueden comunicarse entre sí en la célula utilizando un protocolo no celular, minimizando así el uso del ancho de banda de la red móvil. Al permitir que los dispositivos inalámbricos de la célula de la red móvil se comuniquen con una estación base así vía multisalto, se mejora el área de cobertura y la capacidad de la red móvil. Además, se puede observar una mejora en la asignación y uso de los recursos del sistema de la red móvil.

35 Aunque lo siguiente debate las presentes invenciones en relación con los dispositivos inalámbricos de una red móvil, los principios de la presente invención se pueden aplicar a equipos domésticos y otros dispositivos inalámbricos conectados de forma inalámbrica entre sí en una red entre pares. Asimismo, las realizaciones que aplican los principios de las presentes invenciones a estas implementaciones estarían incluidas en el alcance de aplicación de las presentes invenciones.

40 En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles específicos para facilitar la plena comprensión de las presentes invenciones. Sin embargo, para los expertos en la técnica resultará evidente que las presentes invenciones se pueden poner en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se han mostrado circuitos bien conocidos en forma de diagramas de bloque para no obstaculizar las presentes invenciones con detalles innecesarios. Con la excepción de determinadas invenciones relacionadas con la programación de transmisiones en una red inalámbrica, los detalles que tienen en cuenta consideraciones de tiempo y similares han sido omitidos, habida cuenta de que estos detalles no son necesarios para obtener una plena comprensión de algunas de las presentes invenciones.

45 Tal y como se afirma en la sección de Información de contexto, actualmente, en algunos sistemas celulares existentes, el dispositivo móvil se comunica directamente con la estación base celular. Es decir, en algunos sistemas celulares existentes, el dispositivo móvil se comunica con la estación base celular a través de un salto. Como se ha comentado anteriormente, puede haber cientos o miles de personas intentando comunicarse directamente con la estación base de una célula. Algunas de estas personas pueden encontrarse en áreas denominadas en el presente documento «puntos deficientes», que son áreas en las que el servicio de telefonía móvil es malo y/o no se encuentra disponible, porque la señal entre el teléfono móvil y la estación base celular está obstaculizada, normalmente por un terreno montañoso, exceso de follaje, distancias físicas o edificios altos. Por otra parte, la intensidad de la señal en algunas áreas de la célula puede no ser suficiente para satisfacer la demanda de rendimiento del usuario.

Así pues, existe una necesidad en la técnica de ampliar el área de cobertura de la estación base para dar servicio a aquellas personas que se puedan encontrar en puntos deficientes, así como para satisfacer la demanda de rendimiento de los usuarios en áreas con una intensidad de señal baja.

5 Los principios de las presentes invenciones, tal y como se expone en el presente documento en relación con las Figuras 1-4, entre otros, amplían el área de cobertura y mejoran la capacidad de la estación base celular. Esto permite que la estación base celular dé servicio a aquellas personas que se puedan encontrar en puntos deficientes. Por otra parte, los principios de las presentes invenciones, tal y como se expone en el presente documento en relación con las Figuras 1-4, entre otros, asignan de forma más eficiente los recursos del sistema de la red móvil para satisfacer de forma más eficaz la demanda de rendimiento de los usuarios en
10 áreas con una intensidad de señal baja. Sin embargo, no todas las realizaciones están dirigidas a proporcionar estos beneficios y es posible que otras realizaciones ofrezcan otras ventajas.

La Figura 1 es una vista esquemática generalizada de una célula de una red móvil en la que los dispositivos inalámbricos de la célula tienen la capacidad de comunicarse con la estación base vía multisalto;

15 La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una vista de ejemplo de la circuitería interna de determinados componentes de un teléfono móvil. La Figura 3 es un diagrama de flujo para ampliar la cobertura y mejorar la capacidad de una red móvil en un escenario en el que un dispositivo inalámbrico tiene una intensidad de señal baja, por lo que, en algunos

casos, necesita intentar saltar a otro dispositivo inalámbrico de la célula para comunicarse con la estación base. La Figura 4 es un diagrama de flujo para ampliar la cobertura y mejorar la capacidad de una red móvil en un escenario en el que un dispositivo inalámbrico ha superado su capacidad de ancho de banda con la estación base como para permitir que otros dispositivos inalámbricos de la célula salten a él para comunicarse con la estación base.

20 Por lo que respecta a la Figura 1, la Figura 1 es una vista esquemática generalizada de una célula 100 de una red de telefonía móvil inalámbrica según una realización de las presentes invenciones. Cabe señalar que solo se ilustra una única célula 100 de una red móvil para facilitar la comprensión. Los principios de la presente invención no se limitan a ningún número particular de células en una red de telefonía móvil particular.

30 La célula 100 de una red de telefonía móvil inalámbrica puede tener unos 26 kilómetros cuadrados de superficie. Cada célula 100 de una red de telefonía móvil puede incluir una estación base celular 101 que tiene una torre 102 para recibir/transmitir datos con dispositivos inalámbricos 103A-D (por ej. teléfonos móviles, netbooks, asistentes digitales personales, ordenadores portátiles). Los dispositivos inalámbricos 103A-D se pueden denominar colectiva o individualmente dispositivos inalámbricos 103 o dispositivo inalámbrico 103, respectivamente. Un dispositivo inalámbrico 103, a efectos del presente, se puede referir a cualquier dispositivo de comunicación que tenga la capacidad de transmitir datos de forma inalámbrica hacia o desde una red móvil u otra red. Aunque la Figura 1 ilustra cuatro dispositivos inalámbricos 103 en la célula 100, la Figura 1 no pretende limitar su alcance a ningún número particular de dispositivos inalámbricos 103 a los que se puede dar servicio en una célula 100. Un ejemplo de un dispositivo inalámbrico, que es un teléfono móvil para la práctica de los principios de las presentes invenciones, se expone a continuación en relación con la Figura 2.

40 Según una realización de las presentes invenciones, los dispositivos inalámbricos 103 están configurados para comunicarse con la estación base 101 en «multisaltos». A efectos del presente documento, «multisaltos» se refiere al proceso por el que un dispositivo inalámbrico 103 es capaz de comunicarse con la estación base a través de uno o más dispositivos inalámbricos 103. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 1, el dispositivo inalámbrico 103B puede ser capaz de comunicarse con la estación base 101 a través del dispositivo inalámbrico 103A. En otro ejemplo, como se ilustra en la Figura 1, el dispositivo inalámbrico 103C puede ser capaz de comunicarse con la estación base 101 a través de dispositivos inalámbricos 103B, 103A. En este ejemplo, el rango de comunicación se amplía. En otro ejemplo, como se ilustra en la Figura 1, el dispositivo inalámbrico 103D puede ser capaz de comunicarse con la estación base 101 a través del dispositivo inalámbrico 103A. Por tanto, al permitir que los dispositivos inalámbricos 103B, 103D se comuniquen con la estación base 101 a través del dispositivo inalámbrico 103A, se produce un uso más eficiente del ancho de banda de la red móvil. Más abajo se comenta una descripción más detallada del multisalto. En una realización, los dispositivos inalámbricos 103 pueden ser capaces de comunicarse entre sí mediante un protocolo no celular, minimizando o reduciendo de este modo el uso del ancho de banda de la red móvil, tal y como se expone detalladamente más abajo. En una realización, al usuario del dispositivo inalámbrico 103 que se comunica con la estación base 101 vía multisalto se le cobra por el servicio. Es decir, al usuario(s) del dispositivo(s) inalámbrico intermediario 103 no se le cobra el servicio que implica al usuario del dispositivo inalámbrico 103 que se comunica con la estación base 101 a través del dispositivo(s) inalámbrico intermediario 103.

60 Por lo que respecta de nuevo a la Figura 1, la estación base celular 101 puede estar conectada a la red telefónica pública conmutada (PSTN) 105 (u otra red de fibra óptica o cableada, por ej. Internet) a través de una oficina de conmutación de telefonía móvil (MTSC) 104. Cada proveedor puede tener una oficina de

conmutación de telefonía móvil (MTSO) 104 que controla todas las estaciones base 101 de la ciudad o región y controla todas las conexiones a la PSTN terrestre 105. Los diferentes estándares celulares, como GSM, UMTS, WIMAX, LTE, etc. pueden utilizar términos como centro de conmutación móvil (MSC) para 104 y red móvil terrestre pública (PLMN) para 105.

5 Como se ha expuesto anteriormente, la estación base celular 101 tiene una torre 102 para recibir/transmitir datos con los dispositivos inalámbricos 103A-D. Es decir, se consigue la comunicación entre el dispositivo inalámbrico 103 y la torre 102, como por comunicación bidireccional por radiofrecuencia de largo alcance, por ej. comunicación sobre una distancia de más de 1000 metros. Un diagrama de bloques ilustra una vista de ejemplo de la circuitería interna de los principales componentes del dispositivo inalámbrico 103, que es un
10 teléfono móvil como el que se expone a continuación en relación con la Figura 2.

Por lo que respecta a la Figura 2, la Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una vista de ejemplo de la circuitería interna de los componentes de un dispositivo inalámbrico 103 (Figura 1), que es un teléfono móvil según una realización de la presente invención. El dispositivo inalámbrico 103 incluye un procesador de señales 201 y radiotransceptores 202A, 202B acoplados a un procesador 203 (radiotransceptores 202A, 202B acoplados al procesador 203 vía interfaces celulares y no celulares 210, 211, respectivamente, como se
15 expone detalladamente más abajo). Asimismo, el dispositivo inalámbrico 103 incluye un medio de almacenamiento 204 acoplado al procesador 203. Adicionalmente, el dispositivo inalámbrico 103 incluye una antena 205 para transmitir y recibir ondas de radio (señales inalámbricas). Los radiotransceptores 202A, 202B conectados a la antena 205 realizan procesos relacionados con la transmisión y recepción de
20 comunicaciones de radio. El procesador de señales convierte las señales de radio recibidas de los radiotransceptores 202A, 202B en señales de audio producidas por un altavoz 206 y convierte las señales de audio recibidas desde un micrófono 207 en señales de radio que son transmitidas por combinaciones de radiotransceptores 202A, 202B y antenas 205. El teclado numérico 208 incluye sensores eléctricos internos detrás de cada tecla visible desde el exterior del dispositivo inalámbrico 103.

25 Estos sensores pueden provocar una respuesta particular cuando un usuario pulsa una tecla del dispositivo inalámbrico 103.

El procesador 203 es un microprocesador que puede ser el cerebro o el procesador central del dispositivo inalámbrico 103, por ej. en algunas realizaciones, un sistema operativo del dispositivo inalámbrico 103 puede ser ejecutado por el procesador 203. En esta realización, el procesador 203 controla todos o sustancialmente
30 todos los procesos que ocurren en el dispositivo inalámbrico 103, incluyendo responder a las entradas del usuario y ejecutar módulos del programa para generar elementos del menú, avisos, etc., que se muestran en una pantalla 209. La pantalla 209 puede ser una pantalla táctil o multitáctil, por ej. una LCD sensible a la capacitancia, una pantalla de tinta electrónica u OLED, para recibir entradas del usuario por contacto o proximidad entre la pantalla y uno o más dígitos del usuario o de un lápiz óptico.

35 El medio de almacenamiento 204 almacena programas ejecutables por ordenador como servicios/módulos individuales y mantiene una base de datos introducidos por el usuario (o dinámicamente creados/almacenados).

En esta realización, la interfaz inalámbrica implementa protocolos que facilitan la comunicación inalámbrica entre dos terminales inalámbricos. Un terminal podría ser una estación base o un dispositivo; además, una
40 estación base también se puede considerar un dispositivo. Por tanto, utilizaremos las expresiones terminal inalámbrico y dispositivo inalámbrico de forma intercambiable. Al menos una interfaz inalámbrica se encuentra en el interior de cada terminal inalámbrico. Una interfaz celular es una interfaz inalámbrica que está siendo gestionada directamente por una red móvil. Por tanto, una o más torres celulares podrían estar controlando el comportamiento de la interfaz

45 celular dentro de un dispositivo móvil. Por ejemplo, una estación o estaciones base celulares pueden indicar a un dispositivo móvil con qué estación base celular debería comunicarse, cuándo se debería comunicar el dispositivo móvil, o con qué frecuencias, códigos, tiempos, nivel de intensidad de transmisión y velocidad de datos se debería comunicar el dispositivo móvil. Utilizando su interfaz celular, un dispositivo móvil puede

50 comunicarse con una estación base directamente por un salto único. En algunas implementaciones, el dispositivo inalámbrico puede comunicar por multisaltos utilizando solo la interfaz celular. Una interfaz no celular es una interfaz inalámbrica que no está siendo gestionada directamente por una red móvil, por ej. los dispositivos inalámbricos pueden ser capaces de formar conexiones inalámbricas con otros dispositivos inalámbricos independientes de una estación base celular. Entre los ejemplos de interfaces no celulares se incluyen interfaces que implementan el estándar IEEE 802.11 a, b, g, n, p, o s, el estándar Bluetooth o el
55 estándar Zigbee. En determinados ejemplos de interfaces no celulares, la interfaz no celular puede ser capaz de acceder a una o más frecuencias, franjas temporales, o utilizando códigos que su acceso a estos esté mediado por una estación base celular. Existe una excepción a esta definición: en un dispositivo, si una primera red de infraestructura está gestionando una primera interfaz inalámbrica y una segunda infraestructura de red está gestionando una segunda interfaz inalámbrica, y la primera interfaz inalámbrica
60 facilita multisaltos en la segunda red de infraestructura, entonces la primera interfaz inalámbrica se puede

considerar una interfaz no celular desde la perspectiva de la segunda red de infraestructura. Por ejemplo, un teléfono inteligente puede estar simultáneamente conectado a una red 3G utilizando una interfaz celular y una red WiFi utilizando una interfaz no celular. La interfaz no celular, mientras está conectada a una estación base WiFi, también puede estar facilitando simultáneamente la comunicación celular por multisalto vía la interfaz no celular para algún otro dispositivo. La comunicación con el otro dispositivo por la interfaz no celular, en este ejemplo, no está estrictamente controlada por la estación base WiFi ni por la estación base celular. Aunque una interfaz no celular puede modificar su comportamiento en base a la respuesta que obtiene de la red móvil en la que facilita el multisalto, no puede ser obligada a hacerlo solamente por la red móvil, por ej. las entradas a la interfaz no celular distintas de las proporcionadas por la red móvil también pueden afectar al comportamiento de la interfaz no celular, por ej. una entrada de una red móvil puede ser un parámetro entre muchos en una decisión tomada por la interfaz no celular. Por ejemplo, una red móvil puede solicitar que el dispositivo inalámbrico modifique algunos de los procesos de enrutamiento o selección de funciones posteriormente descritos para hacer que el dispositivo inalámbrico tenga una mayor o menor tendencia a utilizar la interfaz no celular respecto de la interfaz celular. En efecto, en algunas realizaciones, la interfaz no celular sigue teniendo pleno control sobre su comportamiento y es capaz de tomar sus decisiones de comunicación de forma descentralizada.

Adicionalmente, el dispositivo inalámbrico 103 incluye una interfaz celular 210 y una interfaz no celular 211 acoplada al procesador 203. La interfaz celular 210 también está acoplada al radiotransceptor 202A, mientras que la interfaz no celular 211 también está acoplada al radiotransceptor 202B. Algunas implementaciones pueden acoplar la interfaz celular 210 y la interfaz no celular 211 al mismo radiotransceptor y a la antena. La interfaz celular 210 y la interfaz no celular 211 incluyen un controlador 212, 213. La interfaz celular 210 se refiere a una interfaz para la comunicación con la torre celular 102. La interfaz no celular 211 se refiere a una interfaz, como entre otras, Bluetooth™, WiFi™, FlashLinQ™, para la comunicación indirecta con la torre celular 102 u otros dispositivos, como otros dispositivos móviles portátiles o puntos de acceso, que tengan el mismo tipo de interfaz no celular. Tal y como se expone detalladamente más abajo, los dispositivos inalámbricos 103 se pueden comunicar entre sí utilizando una interfaz no celular. La interfaz no celular 211 y la interfaz celular 210 pueden utilizar el mismo espectro inalámbrico o diferentes espectros inalámbricos. Si la interfaz no celular 211 utiliza un espectro diferente, la comunicación entre pares entre los dispositivos inalámbricos 103 podría no usar ni afectar al ancho de banda de la red móvil. En una realización, la interfaz celular 210 y la interfaz no celular 211 pueden estar incluidas cada una de ellas en un circuito integrado separado. En otra realización, la interfaz celular 210 y la interfaz no celular 211 pueden estar incluidas ambas en un único circuito integrado, con el controlador 212/213 ubicado en un circuito integrado separado. En otra realización, la interfaz celular 210 (sin controlador 212) y la interfaz no celular 211 (sin controlador 213) junto con un solo controlador (controladores 212/213 combinados en un solo controlador) pueden estar incluidas en un solo circuito integrado. En otra realización, la interfaz celular 210 (sin controlador 212) y la interfaz no celular 211 (sin controlador 213) pueden estar acopladas al procesador 203, donde el procesador 203 incluye un solo controlador (controladores 212/213 combinados en un solo controlador).

Además, el dispositivo inalámbrico 103 incluye una memoria 214 acoplada al procesador 203, la interfaz celular 210 y la interfaz no celular 211. Una aplicación según los principios de las presentes invenciones puede incluir una aplicación para ampliar la cobertura de una red móvil, tal y como se expone detalladamente más abajo en relación con las Figuras 3 y 4. La aplicación de las presentes invenciones se puede encontrar en la memoria 214. El controlador 212, 213 puede ser un procesador configurado para ejecutar las instrucciones de la aplicación que reside en la memoria 214. En otra realización, las instrucciones de la aplicación pueden residir en una memoria separada (no mostrada) de la interfaz celular 210/interfaz no celular 211.

Tal y como apreciará un experto en la técnica, los aspectos de las presentes invenciones se pueden realizar en forma de sistema, método o producto de software informático. Por consiguiente, los aspectos de las presentes invenciones pueden adoptar la forma de una realización enteramente de hardware, una realización enteramente de software (incluyendo firmware, software residente, microcódigo, etc.) o una realización que combina aspectos de software y hardware que se pueden denominar conjuntamente en el presente documento «circuito», «módulo» o «sistema». Asimismo, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de un producto de software informático incluido en uno o más medios tangibles legibles por ordenador que tienen integrado un código de programa legible por ordenador.

Se puede utilizar cualquier combinación de uno o más medios legibles por ordenador. El medio legible por ordenador puede ser un medio de señales legible por ordenador o un medio de almacenamiento legible por ordenador. Un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, entre otros, un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) del medio de almacenamiento legible por ordenador incluirían los siguientes: una conexión eléctrica con uno o más cables, un disquete informático portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable borrable (EPROM o memoria flash), una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo

de almacenamiento magnético o cualquier combinación adecuada de los anteriores. En el contexto de este documento, un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser cualquier medio tangible que pueda contener o almacenar un programa para ser utilizado por o en relación con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.

- 5 Un medio de señales legible por ordenador puede incluir una señal de datos propagada con un código de programa legible por ordenador integrado en ella, por ej. en banda de base o como parte de una onda portadora. Esta señal propagada puede adoptar cualquiera de una variedad de formas, incluyendo entre otras, electromagnética, óptica o cualquier combinación adecuada de estas. Un medio de señales legible por ordenador puede ser cualquier medio legible por ordenador que no sea un medio de almacenamiento legible por ordenador y que pueda comunicar, propagar o transportar un programa para ser utilizado por o en relación con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.

El código de programa integrado en un medio legible por ordenador puede ser transmitido utilizando cualquier medio apropiado, entre otros, inalámbrico, por cable, cable de fibra óptica, RF, o cualquier combinación adecuada de los anteriores.

- 15 El código de programa informático para realizar operaciones para los aspectos de las presentes invenciones puede estar escrito en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluyendo un lenguaje de programación orientado a objetos como Java, Smalltalk, C++ o similares y lenguajes de programación de procedimientos convencionales, como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares.

- 20 Los aspectos de las presentes invenciones se describen más abajo por referencia a ilustraciones de gráficos de flujo y/o diagramas esquemáticos de métodos, aparatos (sistemas) y productos de software informático según las realizaciones de las presentes invenciones. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de gráficos de flujo y/o diagramas esquemáticos, y combinaciones de bloques de ilustraciones de gráficos de flujo y/o diagramas esquemáticos, se pueden implementar mediante instrucciones de programas informáticos. Estas instrucciones de programas informáticos pueden ser proporcionadas a un controlador o procesador, de forma que las instrucciones, que se ejecutan a través del controlador o procesador, crean medios para implementar la función/actos especificados en el bloque o bloques del diagrama de bloques y/o diagrama de flujo.

- 25 Estas instrucciones de programas informáticos también se pueden almacenar en un medio legible por ordenador que puede ordenar a un dispositivo que funcione de una manera particular, de forma que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación incluyendo instrucciones que implementan la función/acto especificado en bloque o bloques del diagrama de bloques y/o diagrama de flujo.

- 30 Como se ha expuesto anteriormente, en algunos sistemas de telefonía móvil actualmente existentes, el teléfono móvil se comunica directamente con la estación base celular, resultando de este modo en una cobertura limitada y un uso poco eficiente de los recursos. Los principios de las presentes invenciones amplían la superficie de cobertura al tiempo que aprovechan eficientemente los recursos de la red móvil, al permitir que los dispositivos inalámbricos (como teléfonos móviles, netbooks, asistentes digitales personales, ordenadores portátiles) se comuniquen con una estación base celular vía multisaltos a otros dispositivos inalámbricos de la célula. Por otra parte, los dispositivos inalámbricos se pueden comunicar entre ellos a través de un protocolo no celular, minimizando o reduciendo así el uso del ancho de banda de la red móvil. Estos principios se debatirán más abajo en relación con dos escenarios que implican dispositivos inalámbricos 103. Respecto a la Figura 1, un escenario implica un dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) con una intensidad de señal baja y que necesita por tanto intentar saltar a otro dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) de la célula 100 para comunicarse con la estación base 101, tal como se debate más abajo en relación con la Figura 3. En otro escenario, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) ha superado su capacidad de ancho de banda con la estación base 101 como para permitir que otros dispositivos inalámbricos 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) de la célula 100 salten hasta él para comunicarse con la estación base 101, como se debate más abajo en relación con la Figura 4.

- 35 Por lo que respecta a la Figura 3, la Figura 3 es un diagrama de flujo de un método 300 para ampliar la cobertura de una red móvil según una realización de la presente invención. En particular, como se ha expuesto anteriormente, la Figura 3 refleja la ampliación de la cobertura de la red móvil para el escenario que implica un dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) que tiene una intensidad de señal baja, por lo que necesita saltar a otro dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) de la célula 100 para comunicarse con la estación base 101.

Por lo que respecta a la Figura 3, conjuntamente con las Figuras 1 y 2, en el paso 301 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) determina la intensidad de su señal en la interfaz celular 210 desde la estación base 101.

En el paso 302, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) determina si la intensidad de su señal supera un umbral. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 103 puede determinar si la intensidad de su señal es suficiente para comunicarse con la estación base 101. Es posible que la intensidad de la señal no sea suficiente para satisfacer la demanda de rendimiento del usuario del dispositivo inalámbrico 103. Es posible incluso que el usuario del dispositivo inalámbrico 103 no disponga de señal por encontrarse en un «punto deficiente».

Si la intensidad de la señal supera el umbral, entonces en el paso 303, el dispositivo inalámbrico 103 intenta comunicarse directamente con la estación base 101 a través de la interfaz celular 210.

Sin embargo, si la intensidad de la señal no alcanza el umbral (es decir, la intensidad de la señal no es lo suficientemente fuerte para satisfacer la demanda de rendimiento del usuario del dispositivo inalámbrico 103), entonces en el paso 304 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) transmite una solicitud a otros dispositivos inalámbricos 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) cercanos para comunicarse indirectamente con la estación base 101 mediante el salto a otro dispositivo inalámbrico 103. A efectos del presente documento, por «saltar a un dispositivo inalámbrico» se entenderá comunicarse indirectamente con la estación base 101 a través de dicho dispositivo inalámbrico 103.

En el paso 305, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) recibe la solicitud para saltar a él y comunicarse con la estación base 101.

En el paso 306, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que recibe la solicitud determina si la acepta o no. En una realización, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) determina si acepta o no la solicitud en base a diversos factores, como el uso de batería, uso del ancho de banda (que se refiere a la cantidad de ancho de banda que se está utilizando en ese momento en su conexión), los precios a esa hora del día, etc.

Si el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que recibe la solicitud decide no aceptarla, entonces en el paso 307 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) transmite una respuesta al dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) para denegar la solicitud.

Alternativamente, si el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que recibe la solicitud decide aceptarla, entonces en el paso 308 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) transmite una respuesta al dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) para aceptar la solicitud.

En el paso 309, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) recibe el permiso para comunicarse con la estación base 101 sobre la interfaz no celular 211 vía dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que ha aceptado la solicitud.

En el paso 310, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B, el dispositivo inalámbrico 103D) se comunica con la estación base 101 sobre la interfaz no celular 211 vía dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que ha aceptado la solicitud.

El método 300 puede incluir otros pasos o pasos adicionales que, a efectos de una mayor claridad, no se ilustran. Por otra parte, el método 300 se puede ejecutar en un orden diferente al presentado, dado que el orden presentado por lo que respecta a la Figura 3 se ofrece a título ilustrativo. Adicionalmente, ciertos pasos del método 300 pueden ser ejecutados de forma sustancialmente simultánea u omitidos, lo que no pretende sugerir que cualesquiera otras características o pasos descritos en el presente documento no puedan ser también omitidos o realizados simultáneamente.

Tal y como se ha expuesto anteriormente, un escenario alternativo que utiliza los principios de la presente invención implica un dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que ha superado su capacidad de ancho de banda con la estación base 101 como para permitir que otros dispositivos inalámbricos 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) de la célula 100 salten hasta él para comunicarse con la estación base 101, tal y como se debate más abajo en relación con la Figura 4.

Respecto a la Figura 3, conjuntamente con las Figuras 1 y 2, en el paso 401 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. dispositivo inalámbrico 103A) transmite una solicitud con la interfaz no celular 211 a otros dispositivos inalámbricos 103 (por ej. los dispositivos inalámbricos 103B, 103D) cercanos, invitándoles a saltar al dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) para comunicarse con la estación base 101, dado que el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) ha superado su capacidad de ancho de banda con la estación base 101.

En el paso 402, los dispositivos inalámbricos 103 (por ej. los dispositivos inalámbricos 103B, 103D) reciben la invitación del dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) para saltar al dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) para comunicarse con la estación base 101.

En el paso 403, los dispositivos inalámbricos 103 (por ej. los dispositivos inalámbricos 103B, 103D) determinan si aceptan o no la invitación para saltar al dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) para comunicarse con la estación base 101. En una realización, los dispositivos inalámbricos 103 (por ej. los dispositivos inalámbricos 103B, 103D) determinan si aceptan la invitación en base a diversos factores, como el ancho de banda disponible que puede ofrecer el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A). Por ejemplo, si el ancho de banda disponible no es suficiente para satisfacer la demanda de rendimiento, entonces el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) no aceptaría la invitación. Alternativamente, si se dispone de un ancho de banda suficiente para satisfacer la demanda de rendimiento, entonces es posible que el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) acepte la invitación.

Si el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) que recibe la solicitud decide no aceptar la invitación, entonces en el paso 404 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) ignora la invitación.

Alternativamente, si el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103D) que recibe la solicitud decide aceptarla, entonces en el paso 405 el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103D) transmite una respuesta al dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) para aceptar la solicitud.

En el paso 406, el dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103B) que ha aceptado la solicitud comienza a comunicarse con la estación base 101 sobre la interfaz no celular 211 a través del dispositivo inalámbrico 103 (por ej. el dispositivo inalámbrico 103A) que ha enviado la solicitud.

El método 400 puede incluir otros pasos o pasos adicionales que, a efectos de una mayor claridad, no se ilustran. Por otra parte, el método 400 se puede ejecutar en un orden diferente al presentado, dado que el orden presentado por lo que respecta a la Figura 4 se ofrece a título ilustrativo. Adicionalmente, ciertos pasos del método 400 pueden ser ejecutados de forma sustancialmente simultánea u omitidos, lo que no pretende sugerir que cualesquiera otras características o pasos descritos en el presente documento no puedan ser también omitidos o realizados simultáneamente.

En otra realización, descrita más abajo, se puede utilizar una interfaz no celular para comunicarse indirectamente con una red móvil. Por tanto, en algunas realizaciones, un dispositivo inalámbrico sin una interfaz celular se puede comunicar indirectamente con una red móvil utilizando los principios de las presentes invenciones. Sin embargo, en algunos sistemas de red de telefonía móvil, solo una interfaz celular se puede comunicar directamente con una red móvil. Aunque no es necesario, en ciertas realizaciones algunos dispositivos inalámbricos tienen una interfaz celular y una interfaz no celular. Como se ha señalado anteriormente, las interfaces celular y no celular de un dispositivo pueden operar en el mismo espectro inalámbrico o en espectros inalámbricos diferentes. Como se ha explicado anteriormente, cuando está convenientemente configurado, este dispositivo inalámbrico se puede comunicar directamente con una red móvil a través de su interfaz celular e indirectamente con una red móvil a través de su interfaz no celular. Por tanto, este dispositivo inalámbrico puede estar configurado para seleccionar si se va a comunicar directa o indirectamente con una red de telefonía móvil, dependiendo de su estado, situación y entorno. Esto quiere decir que el dispositivo inalámbrico puede realizar un proceso para determinar si salta a otro dispositivo o comunica directamente. Para tomar esta decisión, un dispositivo puede considerar factores como la calidad de los nodos colectores y relés cercanos, la cantidad de nodos colectores y relés cercanos, la vida de la batería, la fuente de alimentación, el rendimiento medio, el uso de ancho de banda, las necesidades de ancho de banda, la disponibilidad de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad y la calidad de la señal no celular, la intensidad y calidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, el número de saltos a un nodo colector y el entorno inalámbrico circundante. Por ejemplo, cada uno de estos factores, o un subconjunto de ellos, se puede comparar con los respectivos valores límite y si un factor supera el umbral, se puede seleccionar la comunicación indirecta. De lo contrario, se puede seleccionar la comunicación directa.

Mientras que actualmente los dispositivos se comunican directamente con una estación base celular vía una interfaz celular, en algunos sistemas los dispositivos no se comunican con una estación base celular vía una interfaz no celular. La comunicación indirecta con una red móvil por parte de un dispositivo inalámbrico vía su interfaz no celular, en algunas realizaciones requiere que un primer dispositivo inalámbrico envíe datos para una estación base vía la interfaz no celular del dispositivo inalámbrico a la interfaz no celular de un segundo dispositivo inalámbrico. Si el segundo dispositivo inalámbrico tiene una conexión directa lo suficientemente buena (por ej. la intensidad de la señal puede ser superior a unos -80dBm, la ratio de señal/ruido más interferencia puede ser superior a 15dB, o un indicador de calidad del canal (CQI) puede ser superior a 15) con la estación base por su interfaz celular, el segundo dispositivo inalámbrico puede enviar los datos que recibe vía su interfaz no celular desde el primer dispositivo inalámbrico directamente a la estación base vía su interfaz celular. De lo contrario, el segundo dispositivo inalámbrico puede retransmitir los datos que recibe

para la estación base de su interfaz no celular desde el primer dispositivo inalámbrico a la interfaz no celular de un tercer dispositivo inalámbrico.

5 Si el tercer dispositivo inalámbrico tiene una conexión directa lo suficientemente buena con la estación base vía su interfaz celular, el tercer dispositivo inalámbrico puede enviar los datos (originados por el primer dispositivo inalámbrico) que recibe vía su interfaz no celular del segundo dispositivo inalámbrico directamente a la estación base vía su interfaz celular. De lo contrario, el tercer dispositivo inalámbrico puede retransmitir los datos (originados por el primer dispositivo inalámbrico) que recibe para la estación base de su interfaz no celular desde el segundo dispositivo inalámbrico a la interfaz no celular de un cuarto dispositivo inalámbrico. De este modo la ruta multisalto se puede ampliar a tantos saltos como permitan las limitaciones, el estado y la capacidad de cada dispositivo inalámbrico implicado.

10 En algunos sistemas, las estaciones base celulares pueden colaborar entre sí para gestionar la interferencia en los bordes de la célula. Sin embargo, estos métodos pueden provocar que las estaciones base tiendan a distribuir sus recursos para mitigar las interferencias. Los principios de las presentes invenciones proporcionan a estas estaciones base celulares una forma adicional de gestionar las interferencias en algunas realizaciones. Por ejemplo, si las estaciones base celulares detectan que prestar servicio a un dispositivo inalámbrico que se encuentra en el borde de la célula puede causar un volumen de interferencia por encima de un umbral para otros dispositivos inalámbricos

20 cercanos al mismo borde de la célula, una de las estaciones base puede comunicarse con la interfaz celular del dispositivo inalámbrico en cuestión y solicitar que ese dispositivo inalámbrico utilice su interfaz no celular para comunicar indirectamente con la red de telefonía móvil. En algunas realizaciones, la red móvil solicita al dispositivo inalámbrico que elija otra ruta a la red de telefonía móvil. De este modo, con una pequeña ayuda desde la estación base, el dispositivo inalámbrico puede mitigar la interferencia para otros dispositivos inalámbricos cercanos al borde de la célula y también ayudar a mejorar el rendimiento de la red de telefonía móvil.

25 Además, en algunas realizaciones el dispositivo inalámbrico también puede tomar esta decisión independientemente, sin ninguna ayuda o con una ayuda limitada de las estaciones base celulares. Una forma de hacerlo consiste en analizar la intensidad de la señal de las estaciones base cercanas. Si las intensidades de la señal de las principales (más fuertes) estaciones base (por ej. las dos, tres o cuatro más fuertes) son prácticamente iguales (por ej. con una diferencia del 5%, 10% o 30% entre sí), el dispositivo inalámbrico puede predecir que es probable que se produzca una interferencia excesiva en los bordes de la célula, dado que las transmisiones a una estación base celular probablemente interferirán con las otras estaciones base celulares con una intensidad de señal similar y, en respuesta, puede que el dispositivo inalámbrico intente utilizar su interfaz no celular para comunicar indirectamente con una estación base celular cercana, por ej. iniciando uno o más de los mencionados procesos para utilizar interfaces no celulares para saltar a otro dispositivo móvil más cercano a una de las estaciones base celulares. Otros procesos para predecir o detectar la interferencia del usuario en el borde de la célula de una manera distribuida (por ej. a través de procesos realizados por cada dispositivo inalámbrico) podrían utilizar una de las opciones siguientes: intensidades de señal de las estaciones base cercanas, calidad de los nodos colectores y relés cercanos, cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, vida de batería, fuente de alimentación, rendimiento medio, uso de ancho de banda, necesidades de ancho de banda, disponibilidad de ancho de banda, tipo de dispositivo, nivel de movilidad, hora del día, tarifas de suscripción, perfil del usuario, intensidad y calidad de la señal no celular, intensidad y calidad de la señal celular, nivel de interferencia inalámbrica experimentado por la interfaz no celular, nivel de interferencia inalámbrica experimentado por la interfaz celular, número de saltos a un nodo colector, entorno inalámbrico circundante, historial de rendimiento a través de las diversas rutas directas e indirectas a la red de telefonía móvil, y feedback de los dispositivos inalámbricos cercanos. El feedback de los dispositivos inalámbricos cercanos se puede introducir en algoritmos y protocolos distribuidos, que en algunas realizaciones pueden determinar el enrutamiento sin un conocimiento global del estado de todos los dispositivos inalámbricos de la célula o dentro de un cierto rango. Asimismo, en algunos sistemas, este feedback solo proporciona indicaciones al dispositivo y el dispositivo puede tomar una decisión independiente de saltar para mitigar la interferencia del usuario en el borde de la célula en base a parámetros adicionales independientes de la información en el feedback. Sin embargo, en determinados sistemas, los enfoques distribuidos pueden ser demasiado cautos y verse afectados por falsas alarmas. Por tanto, una ligera coordinación con las estaciones base, por ej. como se ha descrito anteriormente, cuando la estación base celular influye pero no controla las decisiones de salto, puede resultar útil en ciertas implementaciones incluso cuando los dispositivos inalámbricos utilizan sus interfaces no celulares para comunicar con las estaciones base. Los principios de la presente invención, en ciertas realizaciones, contemplan esta coordinación para mejorar la cobertura y la capacidad de las redes de telefonía móvil. Por ejemplo, las estaciones base celulares pueden transmitir una señal que influye en las decisiones tomadas por los dispositivos inalámbricos con respeto a si establecerán conexiones no celulares multisalto a la red de telefonía móvil, por ej. ajustando umbrales o coeficientes de ponderación utilizados por los dispositivos inalámbricos a la hora de realizar los procesos para seleccionar una función en esa red multisalto.

En algunas redes, varios dispositivos inalámbricos pueden comunicar con las estaciones base celulares y se espera que el número de estos dispositivos que intentan conectar con una estación base celular determinada aumente en el futuro. Las redes móviles de un solo salto existentes y previstas para el futuro pueden no resultar adecuadas para soportar la creciente demanda de una mejor cobertura y capacidad. Sin embargo, en algunas de las realizaciones descritas en el presente documento, los dispositivos podrían aprovechar las capacidades de otros dispositivos para utilizar el sistema de telefonía móvil de forma más eficiente para satisfacer sus demandas de una mejor cobertura y capacidad. Una forma de que los dispositivos hagan un uso eficiente de los recursos del sistema de telefonía móvil consiste en emplear multisaltos cuando se considere beneficioso, por ej. según uno o más de los procesos de selección de funciones descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, las selecciones de las funciones pueden estar distribuidas: cada dispositivo puede decidir por sí mismo su participación o no en el multisalto.

Se puede ejercer un rígido control centralizado de una red de telefonía móvil multisalto según realizaciones de las técnicas descritas aquí, aunque cabe esperar que este control reduzca el rendimiento de los dispositivos individuales. Esta reducción prevista del rendimiento se debe a que es probable que un controlador centralizado no disponga de todos los datos sobre todos los dispositivos inalámbricos en todo momento sin incurrir en una enorme cantidad de gastos para transmitir información detallada sobre el estado de cada dispositivo y su entorno inalámbrico al controlador centralizado. Los propios gastos de transmitir esta información consumen recursos y espectro inalámbrico del sistema celular. Por tanto, cabe esperar que un rígido control centralizado de las decisiones de salto afecte negativamente al rendimiento de los sistemas celulares multisalto. Sin embargo, ciertas realizaciones de las presentes invenciones facilitan un sistema de telefonía móvil multisalto en el que el rígido control centralizado se extiende únicamente a las interfaces celulares de los dispositivos que se comunican directamente con una estación base celular vía sus interfaces celulares. Dependiendo de su estado, situaciones y entornos, los propios dispositivos inalámbricos pueden tomar decisiones de salto entre dispositivos de manera descentralizada. Un dispositivo inalámbrico puede recibir cierta asistencia de la estación base celular al tomar las decisiones de salto, pero esto no es necesario en todas las realizaciones.

Aunque cabe esperar que un enfoque híbrido (por ej. una combinación de control centralizado y distribuido) utilizado en las realizaciones de las presentes invenciones permita en algunos sistemas que las redes móviles multisalto sean más escalables y eficientes, se cree que el rendimiento general de las redes no celulares y celulares híbridas multisalto se puede mejorar utilizando el enrutamiento distribuido, la gestión de dispositivos y la programación adaptativa, así como otras técnicas distribuidas. Algunos ejemplos de estas técnicas se describen aquí y se pueden extrapolar a otros tipos de redes inalámbricas, como redes móviles de un salto, multisalto, salto entre pares, multisalto entre pares, redes ad-hoc inalámbricas, redes de malla inalámbricas, etc. (En el presente documento, las expresiones estación base celular y torre celular se utilizan de forma intercambiable.)

En otra realización, se proporciona un método para el enrutamiento en una red inalámbrica. El método puede incluir un primer terminal inalámbrico que decide participar como enrutador. El método incluye también el primer terminal inalámbrico que decide si actuará como relé o nodo colector. Un relé puede recibir señales no celulares (por ej. frames) y transmitir estas señales por una red móvil, de forma indirecta (por ej. Vía interfaz no celular del relé) o directa a una red central. Un nodo colector es un tipo de relé que transmite las señales directamente a una red móvil vía una interfaz celular del nodo colector o una conexión por cable. Asimismo, en algunas realizaciones el método incluye asimismo un segundo terminal inalámbrico que decide enviar datos al primer terminal inalámbrico en función de si el primer terminal inalámbrico actúa como relé o nodo colector. El primer terminal inalámbrico también puede transmitir una primera métrica que describe la intensidad y la calidad de la señal celular observada por un nodo colector cercano si actúa como relé. El primer terminal inalámbrico también puede transmitir una segunda métrica que describe la intensidad y la calidad de la señal celular observada por el primer terminal inalámbrico si actúa como nodo colector.

La realización anteriormente descrita puede permitir que los terminales inalámbricos cercanos enruten paquetes a los nodos colectores a través de relés de manera distribuida. Esto se debe a que, en algunos sistemas, cada terminal inalámbrico decide independientemente si actuar como relé o como nodo colector en base a determinados factores. Por ejemplo, el primer terminal inalámbrico podría decidir participar como enrutador en base al menos a uno de los factores siguientes: la calidad de los nodos colectores y relés cercanos, la cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, la vida de la batería, la

la fuente de alimentación, el rendimiento medio, el uso de ancho de banda, las necesidades de ancho de banda, la disponibilidad de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad y la calidad de la señal no celular, la intensidad y calidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, el número de saltos a un nodo colector y el entorno inalámbrico circundante. Por ejemplo, cada uno de estos factores, o un subconjunto de ellos, se puede comparar con los respectivos valores límite; si un factor supera el umbral, el dispositivo puede actuar como enrutador y si no se alcanza el umbral, no puede actuar como enrutador.

Por otra parte, el primer terminal inalámbrico decide si actuará como relé o como nodo colector en base al menos a uno de los factores siguientes: la calidad de los nodos colectores y relés cercanos, la cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, la vida de la batería, la fuente de alimentación, el rendimiento medio, el uso de ancho de banda, las necesidades de ancho de banda, la disponibilidad de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad y la calidad de la señal no celular, la intensidad y calidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, el número de saltos a un nodo colector y el entorno inalámbrico circundante. Por ejemplo, cada uno de estos factores, o un subconjunto de ellos, se pueden comparar con los respectivos valores límite; si un factor alcanza el umbral, el dispositivo puede actuar como nodo colector y si no se alcanza el umbral, no puede actuar como nodo colector.

Por otra parte, el segundo terminal inalámbrico podría decidir enviar datos al primer terminal inalámbrico en base al menos a uno de los factores siguientes: si el primer terminal inalámbrico actúa como relé o nodo colector, la calidad de los nodos colectores y relés cercanos, la cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, la vida de la batería, la fuente de alimentación, el rendimiento medio, el uso de ancho de banda, las necesidades de ancho de banda, la disponibilidad de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad y la calidad de la señal no celular, la intensidad y calidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, el número de saltos a un nodo colector y el entorno inalámbrico circundante. Por ejemplo, cada uno de estos factores, o un subconjunto de ellos, se pueden comparar con los respectivos valores límite; si un factor alcanza el umbral, el dispositivo puede enviar datos al primer terminal inalámbrico y si no se alcanza el umbral, no puede enviar datos al primer terminal inalámbrico.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método para el enrutamiento de una red inalámbrica según una realización. En el paso 506, un primer terminal inalámbrico decide si participar como enrutador en base al menos a uno de los factores mencionados en el paso 502. En el paso 508, el primer terminal inalámbrico toma la decisión correspondiente. Si el primer terminal inalámbrico decide actuar como enrutador, en el paso 512 el primer terminal inalámbrico decide también si actuará como relé o como nodo colector en base al menos a uno de los factores mencionados en el paso 502. En el paso 514, un segundo terminal inalámbrico decide si enviar datos al primer terminal inalámbrico en base al menos a uno de los factores mencionados en el paso 502. En el paso 516, el segundo terminal inalámbrico toma la decisión correspondiente. Si el segundo terminal inalámbrico decide enviar datos al primer terminal inalámbrico, lo hace en el paso 520.

En determinadas realizaciones, un nodo colector podría ser un destino final o una pasarela a una red contigua. Por ejemplo, un primer dispositivo inalámbrico podría comunicar con un segundo dispositivo inalámbrico a través de su interfaz no celular y comunicar con una torre celular a través de su interfaz celular. Si el segundo dispositivo inalámbrico decide comunicar con la red móvil a través del primer dispositivo inalámbrico, el primer dispositivo inalámbrico es un nodo colector para el segundo dispositivo inalámbrico, porque actúa como pasarela para la red móvil. Otro ejemplo incluye un tercer dispositivo inalámbrico que envía paquetes destinados a un cuarto dispositivo inalámbrico en un entorno de comunicación entre pares. En este ejemplo, el cuarto dispositivo inalámbrico es un nodo colector para el tercer dispositivo inalámbrico porque es el destino final para los paquetes originados por el tercer dispositivo inalámbrico. Cabe señalar que la definición de un nodo colector es contextual. Depende del dispositivo inalámbrico que origina los paquetes.

En determinadas realizaciones, un relé es un nodo intermedio en la ruta del dispositivo inalámbrico al nodo colector. Por ejemplo, un primer dispositivo inalámbrico podría enviar paquetes destinados a un tercer dispositivo inalámbrico a través de un segundo dispositivo inalámbrico. El segundo dispositivo inalámbrico es un relé para el primer dispositivo inalámbrico cuando se transmiten los paquetes originados por el primer dispositivo inalámbrico al tercer dispositivo inalámbrico. Podría haber uno o más relés en una ruta desde el dispositivo originador hasta un nodo colector. Cabe señalar que la definición de relé es contextual. El hecho de que un dispositivo actúe como relé dependerá del dispositivo inalámbrico que origina los paquetes.

En determinadas realizaciones, un dispositivo inalámbrico puede decidir actuar como nodo colector o como relé en función de la calidad y cantidad de nodos colectores y relés cercanos. Por ejemplo, en un lugar en el que la mayoría de los dispositivos inalámbricos experimentan una baja intensidad y calidad de la señal celular, un dispositivo inalámbrico que consigue una intensidad y calidad de señal celular moderada de las torres celulares puede decidir actuar como nodo colector para ayudar a otros dispositivos inalámbricos a acceder a la red móvil de forma más eficiente. En un lugar en el que la mayoría de los dispositivos inalámbricos experimentan una intensidad y calidad de la señal celular moderada, un dispositivo inalámbrico que consigue una intensidad y calidad de señal celular moderada de las torres celulares puede decidir actuar como relé.

En determinadas realizaciones, un dispositivo inalámbrico puede decidir actuar como enrutador solo cuando dispone de suficiente batería o cuando está enchufado a una fuente de corriente alterna. Un dispositivo inalámbrico que tiene múltiples antenas y otros circuitos complejos que le ayudan a comunicarse

eficientemente con una red cercana, como una red móvil, puede decidir actuar como nodo colector para otros dispositivos cercanos menos sofisticados. Un dispositivo inalámbrico puede decidir actuar solo como enrutador, relé y/o nodo colector si dispone de suficiente ancho de banda y/o si soporta rendimientos razonables para otros dispositivos. Otros factores del dispositivo y el entorno también podrían ayudar a los dispositivos inalámbricos a decidir si actuar como enrutador, relé y/o nodo colector.

Un dispositivo inalámbrico puede, en algunos sistemas, elegir un relé/nodo colector en lugar de otro en base a los factores anteriormente mencionados. Algunos de estos factores mejoran la experiencia del usuario teniendo en cuenta factores basados en el usuario, como las necesidades de ancho de banda, y factores basados en la red, como el rendimiento medio.

El uso de estos factores puede ayudar al dispositivo inalámbrico a elegir buenas rutas (por ej. rutas con un rendimiento superior a unos 2Mbps, una latencia inferior a unos 10 ms, o una pérdida de paquete aproximada inferior al 5%, con respecto una red adyacente). Por ejemplo, un dispositivo inalámbrico puede decidir comunicar indirectamente con una torre celular vía multisaltos en lugar de un solo salto, debido a que el rendimiento medio de la ruta multisalto es superior. Cuando el rendimiento medio de la ruta multisalto es inferior, el dispositivo puede volver a utilizar la conexión de un salto para aumentar la probabilidad de ofrecer una buena experiencia para el usuario.

Una aplicación de determinadas realizaciones tiene lugar en redes móviles multisalto. Un relé (o nodo intermedio) puede transmitir ocasionalmente un parámetro que describe la intensidad y calidad de la señal celular observada por un nodo colector cercano. También puede transmitir otros datos descriptivos de la idoneidad de una potencial conexión, como el número de saltos hasta un nodo colector inalámbrico y el estado de su propio dispositivo. Asimismo, un nodo colector (nodo de pasarela) puede transmitir ocasionalmente un parámetro que describe la intensidad y calidad de la señal celular observada por el nodo colector. También puede transmitir otros datos útiles, como el número de saltos hasta un nodo colector inalámbrico y el estado de su propio dispositivo. Esta información puede ayudar a los nodos originadores a buscar rutas hasta los nodos colectores a través de relés de manera distribuida. Los parámetros se podrían transmitir vía balizado periódico (por ej. puntos de acceso WiFi) o balizado distribuido (por ej. dispositivos WiFi-Direct).

En algunas realizaciones, en determinadas circunstancias cada dispositivo inalámbrico puede transmitir una señal del estado del nodo para alertar a otros dispositivos inalámbricos dentro del rango de señal no celular acerca de los atributos del dispositivo inalámbrico emisor y de la topología de la red inalámbrica detectados por el dispositivo inalámbrico emisor. Por ejemplo, el proceso 600 de la Figura 6 es una realización de un proceso para formar y transmitir un ejemplo de esta señal de estado del nodo.

Como se explica a continuación, la señal de estado del nodo, en algunas realizaciones, se puede transmitir periódicamente, por ej. cada 100 ms, o en respuesta a una solicitud de otro dispositivo. La señal de estado del nodo puede codificar diferentes tipos de información. Por ejemplo, la señal de estado del nodo puede incluir una señal de estado del programa (que se describe más abajo por referencia a las técnicas de programación no celular), un número de saltos entre el dispositivo inalámbrico transmisor y una estación base celular, un identificador del operador de una red móvil que opera la estación base celular, por ej. un

operador celular, y datos indicativos de la intensidad de las señales celulares desde la estación base celular del dispositivo inalámbrico transmisor o de un nodo de pasarela a través del cual el dispositivo inalámbrico transmisor está configurado para formar una conexión multisalto a la estación base celular. La señal de estado del nodo también puede codificar datos indicativos de la calidad de la señal celular, por ej. SINR, SNR o CQI.

Por otra parte, la señal de estado del nodo puede codificar información sobre la vida de la batería de un dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, la señal de estado del nodo puede incluir la información descrita por las especificaciones de la norma IEEE 802.1 como información comunicada por un frame de baliza, o la señal de estado del nodo puede tener un formato de frame de baliza con datos adicionales. Por otra parte, la señal de estado del nodo puede incluir un valor que indica la potencia absoluta con la que se transmite la señal de estado del nodo, que puede ser utilizado para calcular las pérdidas en el trayecto, como se describe a continuación. En algunas realizaciones, la señal de estado del nodo incluye información sobre la ubicación o el movimiento del dispositivo inalámbrico, y la señal de estado del nodo puede incluir un campo del tipo de dispositivo que indica, por ej. si es probable que el dispositivo inalámbrico se mueva, como podría ocurrir con un teléfono móvil, si el dispositivo inalámbrico es un ordenador portátil u otro ordenador, por ej. si el dispositivo inalámbrico está alimentado o funciona con batería, si el dispositivo inalámbrico es habitualmente transportado o no por seres humanos, si el dispositivo inalámbrico está siendo utilizado en estos momentos por un ser humano, por ej. en base a una señal de un sensor de proximidad, si el dispositivo es de un tipo habitualmente utilizado por un ser humano, por ej. un dispositivo móvil portátil. La señal de estado del nodo también puede incluir una indicación de la cantidad de ancho de banda celular disponible para la comunicación ascendente o descendente con una estación base celular para el dispositivo inalámbrico que transmite la señal de estado de nodo o para un nodo de pasarela al que se puede conectar el

dispositivo inalámbrico. Además, en algunas realizaciones, la señal de estado del nodo puede estar configurada para mantener la privacidad o el anonimato del operador del dispositivo inalámbrico, aunque no todas las realizaciones incluyen todas las características anteriormente enumeradas.

5 El proceso 600 puede ser realizado por un dispositivo inalámbrico, por ej. por la CPU del dispositivo inalámbrico a través de la interacción con diversos componentes del dispositivo inalámbrico, como interfaces celulares y no celulares. También, cada dispositivo inalámbrico, en algunas realizaciones, de una red móvil o no celular multisalto o híbrida puede realizar el proceso 600, facilitando así las decisiones de salto distribuidas, tal y como se explica más abajo.

10 En esta realización, el proceso 600 comienza con el dispositivo inalámbrico determinando si el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600 se ofrecerá para que otros dispositivos inalámbricos salten a él, tal y como se ilustra en el bloque 612, por ej. el dispositivo inalámbrico puede ejecutar uno de los procesos que se describen a continuación para determinar si el dispositivo inalámbrico se ofrecerá como nodo intermedio y uno de los procesos que se describen a continuación para determinar si el dispositivo inalámbrico se ofrecerá como nodo de pasarela. En esta realización, si el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600 determina que se ofrecerá para que otros dispositivos salten a él, entonces, como respuesta, el proceso 600 avanzará hasta el paso 614. De lo contrario, en respuesta, el dispositivo inalámbrico repite el paso de determinación 612.

20 En esta realización, a continuación, el dispositivo inalámbrico obtiene datos indicativos de una serie de saltos entre el dispositivo inalámbrico y una estación base celular, tal y como se indica en el bloque 614. Los datos indicativos de una serie de saltos pueden ser un valor de uno, correspondiente a un salto a la estación base celular si el dispositivo inalámbrico determina que actuará como nodo de pasarela. De lo contrario, el dispositivo inalámbrico puede recibir una señal de estado del nodo de otro dispositivo inalámbrico, o una pluralidad de otros dispositivos inalámbricos, ofreciéndose como nodos intermedios o nodos de pasarela, y el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600 puede elegir uno de estos dispositivos inalámbricos basándose en sus señales de estado del nodo, por ej. utilizando uno de los procesos de selección de ruta que se describen más abajo, y añadir uno a un recuento de saltos comunicado por la señal de estado del nodo transmitida por el nodo intermedio elegido.

30 En la presente realización, a continuación el dispositivo inalámbrico puede obtener un identificador de un operador de red móvil asociado con la estación base celular. El operador de red móvil puede, por ej. ser un operador celular u otra entidad que cobra el acceso a su red a través de la estación base celular. Si el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600 actúa como nodo de pasarela, entonces el operador de la red móvil puede ser el operador de una estación base celular a través de la cual

35 se conectará el dispositivo inalámbrico. De lo contrario, el identificador del operador de la red móvil puede ser obtenido desde una señal de estado del nodo recibida de un nodo de pasarela seleccionado por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600 (por ej. un nodo de pasarela seleccionado por un nodo intermedio en enlace ascendente).

40 A continuación, en esta realización el dispositivo inalámbrico puede obtener datos indicativos de la intensidad de la señal celular de las señales de la estación base celular en el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600, tal y como se indica en el bloque 618. Una vez más, si el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600 determina que se ofrecerá como nodo de pasarela, entonces, en respuesta, la intensidad de la señal celular puede ser una intensidad de señal celular observada a través de una interfaz celular del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600. De lo contrario, la intensidad de la señal celular puede ser una intensidad de señal celular observada por un nodo de pasarela elegido por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600. Tal y como se describe más abajo, la intensidad de la señal celular se puede describir como una amplitud de una señal inalámbrico o de varias otras formas, por ej. en forma de un valor binario que indica un valor alto o bajo.

50 A continuación, en la presente realización, el dispositivo inalámbrico puede obtener datos indicativos de un programa del dispositivo inalámbrico. El programa puede ser uno de los programas que se describen más abajo para emitir en un medio no celular, como una ranura de duración de espaciado entre frames seleccionada por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600. Los datos indicativos de un programa también pueden identificar un tipo de programa, como si el programa es determinista o no determinista, como se describe más abajo, o indicar el número de ranuras de tiempo deterministas disponibles dentro de un programa determinado. En algunas realizaciones, los datos indicativos de un programa pueden ser la señal de estado del programa que se describe más abajo con referencia a los procesos de programación para transmisiones no celulares.

60 El proceso 600 también puede incluir un paso para obtener un identificador del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600, tal y como se ilustra en el bloque 622. El identificador puede ser, por ej. un identificador generalmente único asociado al dispositivo inalámbrico por un operador de red móvil, por ej. el identificador puede ser una dirección MAC, una dirección IP o un identificador asociado con la interfaz no celular del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600, por ejemplo. Alternativa o adicionalmente, el

identificador puede estar almacenado o programado de otra forma en un circuito integrado o módulo por un fabricante de la interfaz no celular u otra entidad, por ej. mediante fusibles fundibles en el circuito integrado o ajustando registros en la memoria persistente, como la memoria flash.

5 A continuación, en esta realización del proceso 600, el dispositivo inalámbrico puede obtener un valor que cambia con el tiempo. Como se explica más abajo, el valor que cambia con el tiempo puede estar combinado con el identificador del dispositivo inalámbrico para ocultar el identificador y proteger la privacidad del usuario del dispositivo inalámbrico, al tiempo que permite a las partes fiables realizar el seguimiento de ese dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600, aunque no todas las realizaciones ofrecen este beneficio. El valor que cambia con el tiempo se puede seleccionar entre una serie relativamente grande de valores, por ej. más de 1000, más de 10 000 o más de 100 000 para impedir el esfuerzo bruto para determinar el identificador del dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, el valor que cambia con el tiempo puede ser la hora de un reloj del dispositivo inalámbrico o un valor más o menos aleatorio, como un valor generado con un registro de desplazamiento lineal, o un valor generado por el ruido percibido a través de la interfaz celular o no celular del dispositivo inalámbrico. El valor que cambia con el tiempo puede ser un valor que cambia con frecuencia, por ej. al menos cada segundo o cada 100 microsegundos, a fin de impedir el seguimiento del dispositivo inalámbrico de un segundo al siguiente; o el valor que cambia con el tiempo puede ser un valor que cambia con menos frecuencia, por ej. menos de una vez por minuto, una vez por hora, una vez por día, a fin de facilitar el seguimiento a corto plazo por aquellas partes no fiables, por ej. para proporcionar un identificador semipersistente para otros dispositivos que saltan desde el dispositivo inalámbrico, como muchas de las otras características descritas en el presente documento, aunque no todas las realizaciones incluyen esta característica.

En la presente realización, a continuación el dispositivo inalámbrico puede codificar tanto el valor que cambia con el tiempo como el identificador del dispositivo inalámbrico para formar un valor codificado compuesto, tal y como se indica en el bloque 626. En algunos sistemas, se espera que el hecho de codificar juntos el valor que cambia con el tiempo y el identificador inalámbrico para formar un solo valor codificado, por ej. una cadena de salida codificada, ayudará a ocultar el identificador, dado que el valor codificado puede cambiar con el tiempo aunque el identificador del dispositivo inalámbrico no cambie. Sin embargo, cabe señalar que la presente técnica no se limita a los sistemas que ofrecen este beneficio. Se pueden utilizar diversos tipos de codificación, tales como WEP, WPA, o WPA2.

En algunas realizaciones, se puede incluir información adicional potencialmente sensible en el valor compuesto codificado. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede obtener datos indicativos de una ubicación o estimar la ubicación del dispositivo inalámbrico, por ej. consultando el dispositivo del sistema de posicionamiento global del dispositivo inalámbrico o triangulando la posición de las estaciones base celulares, y la información de la posición se puede codificar también. Alternativamente, los datos indicativos de localización pueden ser descodificados.

El dispositivo inalámbrico puede entonces, en la presente realización, calcular la cantidad de tiempo que ha transcurrido desde la emisión de una señal de estado del nodo anterior, como se indica en el bloque 628, y determinar si ha transcurrido un periodo de tiempo desde que se emitió la señal de estado del nodo anterior, como se indica en el bloque 30. El periodo de tiempo puede ser un periodo de tiempo predeterminado, por ej. cada 100 ms, y en algunas realizaciones, este periodo de tiempo predeterminado puede ser codificado en la señal de estado del nodo, para que otros dispositivos inalámbricos que se encuentran en modo de bajo consumo o en espera sepan cuando reactivarse o volver al estado de alto consumo de energía para recibir señales de estado del nodo del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 600. En otras realizaciones, el periodo de tiempo puede cambiar entre emisiones. En este ejemplo, si el periodo de tiempo no ha transcurrido, el proceso 600 vuelve al bloque 628 en respuesta. De lo contrario, en respuesta, la presente realización del proceso 600 procede con bloque 632.

En esta realización, el dispositivo inalámbrico puede emitir una señal de estado del nodo que contiene la información obtenida, según se indica en el bloque 632. La señal de estado del nodo se puede emitir como un frame, por ej. un frame de baliza según las especificaciones de la norma IEEE 802.1. En otras realizaciones, la señal de estado del nodo puede ser transmitida a uno o más dispositivos inalámbricos receptores específicos. En algunas realizaciones, la señal de estado del nodo puede incluir el valor compuesto codificado formado por el identificador del dispositivo inalámbrico y el valor que cambia con el tiempo, pero en estas realizaciones, no por la versión descodificada del identificador del dispositivo inalámbrico. En ciertas realizaciones, todos los datos obtenidos pueden ser cifrados o un subconjunto diferente de los datos obtenidos puede ser cifrado.

En algunas realizaciones, otros dispositivos inalámbricos pueden recibir la señal de estado del nodo emitida o transmitida por el dispositivo que realiza el proceso 600 y la información recibida puede ser almacenada en la memoria del dispositivo receptor o almacenada en una base de datos para el seguimiento del dispositivo inalámbrico que ha transmitido la señal de estado del nodo. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico receptor puede ser un nodo de pasarela o un punto de acceso WiFi, y el dispositivo inalámbrico receptor puede estar configurado para transmitir el valor compuesto codificado y otros datos del estado del nodo a un servidor de

seguimiento, que puede descodificar el valor compuesto y almacenar en memoria, por ej. como entradas asociadas en una base de datos o como un objeto, la información de la señal de estado del nodo. La información almacenada puede ser recuperada de la memoria para diversos fines, por ej. transmitir anuncios u ofertas seleccionados para el usuario del dispositivo inalámbrico que ha realizado el proceso 600, seleccionando el identificador descodificado del dispositivo inalámbrico y los datos del usuarios asociados en la memoria, por ej. información demográfica como ingresos o domicilio.

Como se ha explicado anteriormente, el multisalto puede ampliar la cobertura y mejorar la capacidad de una red móvil. Para facilitar el multisalto, en algunas realizaciones, los dispositivos inalámbricos pueden ser capaces de saltar de forma relativamente eficiente y segura a otros dispositivos inalámbricos cercanos. Algunas realizaciones pueden ser al menos tan seguras como los actuales sistemas celulares de un salto. Por otra parte, la latencia para la transmisión de datos sobre multisaltos puede ser aceptable, aunque la definición de aceptable dependerá de la aplicación. Por último, en algunas realizaciones, los gastos del consumo de energía en multisaltos pueden ser relativamente bajos, por lo que las ventajas de cobertura y capacidad que ofrecen los multisaltos no se ven compensadas por los gastos de consumo de energía.

Aunque parte de la técnica anterior describe varios enfoques centralizados para la comunicación celular multisalto, esta técnica anterior no presenta un enfoque híbrido para la comunicación celular multisalto, donde híbrido, en este caso, significa una combinación de control centralizado y libertad descentralizada para facilitar de forma relativamente eficiente la comunicación celular multisalto. Aunque determinados ejemplos de la técnica anterior intentan resolver las complejidades de un programa centralizado de comunicación celular multisalto, no consiguen que sus soluciones sean escalables. Miles de millones de dispositivos móviles se conectan a las redes móviles en todo el mundo. En complejos de oficinas y campus universitarios puede haber decenas de miles de dispositivos móviles en una sola célula. Desafortunadamente, una solución

que no sea escalable no bastará para facilitar la comunicación celular multisalto. A pesar de décadas de investigación de la comunicación celular multisalto por parte de los gigantes de la industria de las telecomunicaciones y sistemas inalámbricos, el mercado no la comunicación celular multisalto. En este momento, los principios de las presentes invenciones pueden proporcionar un rayo de esperanza, combinando el control centralizado de las redes móviles tradicionales con las decisiones de salto descentralizadas de los dispositivos inalámbricos. Cabe señalar, sin embargo, que las presentes técnicas no se limitan a los sistemas que utilizan una combinación híbrida de control centralizado y decisiones de salto descentralizadas. Además, las presentes técnicas no se limitan a los sistemas que proporcionan las ventajas anteriormente mencionadas.

En este documento, señal inalámbrica significa cualquier comunicación enviada por el medio inalámbrico, incluyendo datos, voz, etc. En este documento, los términos datos, frame de datos y frame inalámbrica se utilizan de forma intercambiable.

Una interfaz inalámbrica implementa protocolos que facilitan la comunicación inalámbrica entre dos terminales inalámbricos. Al menos una interfaz inalámbrica se encuentra en el interior de cada terminal inalámbrico. Un dispositivo móvil tradicional (por ej. un teléfono móvil) tiene al menos una interfaz celular. Una interfaz celular es una interfaz inalámbrica que está siendo gestionada directamente por una red móvil. Por tanto, una o más estaciones base controlarán el comportamiento de la interfaz celular que se encuentra en el interior del dispositivo móvil. Utilizando su interfaz celular, un dispositivo móvil se puede comunicar con una estación base directamente en un salto. En algunos sistemas, puede ser posible comunicarse a través de multisalto utilizando solo la interfaz celular. Sin embargo, en estos sistemas, dado que por definición las interfaces celular son gestionadas directamente por la red móvil, la red móvil tendrá que computar la ruta multisalto para cada dispositivo. No se espera que este enfoque sea muy escalable ni muy eficiente para facilitar la comunicación celular multisalto. Sin embargo, las realizaciones de las presentes invenciones pueden coexistir con las interfaces celulares que se comunican con la estación base en un salto y en multisaltos.

Los anteriores ejemplos ponen de manifiesto que, en algunas realizaciones, un sistema celular multisalto que utiliza los principios de las presentes invenciones puede clasificar los dispositivos inalámbricos en base a su uso y funcionamiento. Estas clasificaciones se indican más abajo en este documento para ayudar al lector a comprender mejor los principios en el uso. Aún así, hay que tener en cuenta que un solo dispositivo puede ser clasificado como más de un tipo de dispositivo al mismo tiempo, por ej. un solo dispositivo puede proporcionar de forma simultánea la funcionalidad de más de un tipo de dispositivo. En algunas realizaciones, un solo dispositivo también puede ser clasificado como un tipo de dispositivo diferente en diferentes momentos.

Un nodo originador es un dispositivo inalámbrico que comunica datos (por ej. datos de voz o multimedia) indirectamente a una estación base a través de su interfaz no celular, donde los datos son introducidos o bien generados en el modo originador, en el caso de los datos en enlace ascendente, o datos que proceden de la red móvil, en el caso de datos en enlace descendente. Un nodo originador puede enviar datos para la estación base celular a otro dispositivo inalámbrico a través de la interfaz no celular del nodo originador. En

algunas realizaciones, el nodo originador también puede recibir datos para sí mismo a través de su interfaz no celular.

5 Un nodo intermedio es un dispositivo inalámbrico que permite que otro dispositivo inalámbrico se comunique con una estación base celular a través del nodo intermedio. Un nodo intermedio puede recibir datos para la estación base celular de un primer dispositivo inalámbrico a través de una interfaz no celular del nodo intermedio y retransmitir los datos a un segundo dispositivo inalámbrico a través de la interfaz no celular del nodo intermedio. Un nodo intermedio, en algunas realizaciones, también puede recibir datos para el primer dispositivo inalámbrico a través de la interfaz no celular del nodo intermedio y retransmitir los datos al primer dispositivo inalámbrico a través de la interfaz no celular del nodo intermedio.

10 Un nodo de pasarela es un tipo específico de nodo intermedio: un dispositivo inalámbrico que permite que otro dispositivo inalámbrico se comunique con una estación base celular por sí mismo, con el nodo de pasarela proporcionando una conexión directa a la estación base celular, es decir, que las señales que se intercambian entre el nodo de pasarela y la estación base celular no están mediadas por otro nodo intermedio. En algunos ejemplos, un nodo de pasarela también puede operar como un nodo intermedio enviando una porción de los datos a otro nodo de pasarela, por ej. en paralelo. Un nodo de pasarela puede recibir datos para la estación base a través de la interfaz no celular del nodo de pasarela y reenviar los datos a través de la interfaz celular del nodo de pasarela. En algunas realizaciones, un nodo de pasarela también puede recibir datos para un nodo originador a través de la interfaz celular del nodo de pasarela y reenviar los datos al nodo originador o a un nodo intermedio a través de la interfaz no celular del nodo de pasarela.

20 En algunas realizaciones, un nodo originador puede comunicarse indirectamente con una estación base a través de la interfaz no celular del nodo originador, en lugar de comunicarse directamente a través de la interfaz celular del nodo originador, basándose en (por ej. en respuesta a) la vida de la batería, el uso de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad de la señal no celular, la intensidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica observado por la interfaz no celular y el nivel de interferencia inalámbrica observado por la interfaz celular. En algunas realizaciones, un nodo intermedio puede permitir que otro dispositivo inalámbrico se comunique con una estación base por sí mismo, por ej. puede operar como un nodo intermedio como se ha descrito anteriormente, basándose en la vida de la batería, el uso de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad de la señal no celular, la intensidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica observado por la interfaz no celular y el nivel de interferencia inalámbrica observado por la interfaz celular. Y, en algunas realizaciones, un nodo de pasarela puede permitir que otro dispositivo inalámbrico se comunique con una estación base por sí mismo, basándose en la vida de la batería, el uso de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad de la señal no celular, la intensidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica observado por la interfaz no celular y el nivel de interferencia inalámbrica observado por la interfaz celular.

40 Los criterios para permitir o no permitir podrían depender de un subconjunto de los mencionados factores y del estado actual del dispositivo inalámbrico. Además, en algunas realizaciones, los valores de los diversos factores se podrían fijar dependiendo de las tarifas de suscripción pagadas por el usuario o el propietario del dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, este mecanismo de facturación puede facilitar una forma económica de compartir el canal inalámbrico, donde aquellos que requieren o prefieren un mayor rendimiento inalámbrico y del sistema podrían pagar más y conseguir un mejor rendimiento. Por ejemplo, un usuario eléctrico para el que la vida de la batería del dispositivo inalámbrico es crítica o relativamente importante puede que nunca o rara vez permita que otros dispositivos inalámbricos salten a su dispositivo inalámbrico. Sin embargo, el usuario eléctrico podría querer que su dispositivo inalámbrico pueda saltar a otro dispositivo inalámbrico para beneficiarse de las ventajas del multisalto. Este usuario eléctrico puede pagar más por recibir este privilegio en comparación con los usuarios que no lo necesitan. De esta forma, las realizaciones de las presentes invenciones pueden facilitar un modelo económico para compartir el espectro inalámbrico y los recursos del sistema celular en un entorno de comunicaciones celulares multisalto.

50 En algunas realizaciones, los nodos originadores pueden optar por comunicarse indirectamente con una estación base basándose en la información recibida de la estación base y de otras estaciones base, de forma que se mitiga la interferencia para los dispositivos inalámbricos ubicados cerca de los bordes de la célula y se mejora el rendimiento de la red móvil. Los nodos intermedios también pueden decidir si permitir que otros dispositivos inalámbricos se comuniquen con una estación base por sí mismos basándose en la información recibida de la estación base y de otras estaciones base, de forma que se mitiga la interferencia para los dispositivos inalámbricos ubicados cerca de los bordes de la célula y se mejora el rendimiento de la red móvil. De forma similar, en algunas realizaciones, los nodos de pasarela pueden decidir si permitir que otros dispositivos inalámbricos se comuniquen con una estación base por sí mismos basándose en la información recibida de la estación base y de otras estaciones base, de forma que se mitiga la interferencia para los dispositivos inalámbricos ubicados cerca de los bordes de la célula y se mejora el rendimiento de la red móvil.

En algunos sistemas, las estaciones base celulares pueden colaborar entre sí para gestionar la interferencia en los bordes de la célula. Sin embargo, se espera que estos sistemas obliguen a las estaciones base celulares a distribuir sus recursos para mitigar la interferencia. Los principios de las presentes invenciones, en algunas realizaciones, proporcionan a estas estaciones base celulares otra forma de gestionar la interferencia, aunque algunas de las presentes técnicas pueden ser utilizadas con estaciones base celulares que utilizan el control centralizado para mitigar la interferencia. Si, por ej. las estaciones base celulares detectan que ponerse al servicio de un dispositivo inalámbrico que se encuentra en los bordes de la célula puede causar una cantidad enorme de interferencia para otros dispositivos inalámbricos cercanos a los mismos bordes de la célula, por ej. la SINR puede ser inferior a 3 dB o el CQI puede ser inferior a 10, una de las estaciones base puede comunicarse con la interfaz celular del dispositivo inalámbrico en cuestión y solicitar a ese dispositivo inalámbrico que utilice su interfaz no celular para comunicarse indirectamente con la red móvil. Este enfoque es único porque la red móvil solicita al dispositivo inalámbrico que elija otra ruta a la red móvil, aunque esta no es la única razón por la que el enfoque es único, y otras realizaciones descritas en el presente son únicas por otras razones. Por tanto, en algunas realizaciones, con una pequeña ayuda de la estación base, el dispositivo inalámbrico tiene la oportunidad de ayudar a mitigar la interferencia para otros dispositivos inalámbricos ubicados cerca de los bordes de la célula y también ayuda mejorar el rendimiento de la red móvil.

En otra realización de las presentes invenciones, un proceso puede mejorar el rendimiento de una red inalámbrica. Un ejemplo de proceso puede incluir un primer dispositivo inalámbrico que recibe el soporte de un segundo dispositivo inalámbrico y una tercera estación base inalámbrica. La tercera estación base inalámbrica puede enrutar el tráfico para el primer dispositivo inalámbrico a través del segundo dispositivo inalámbrico cuando sea beneficioso, por ej. cuando el segundo dispositivo inalámbrico detecta una pérdida de intensidad en el canal descendente desde la estación base hasta el segundo dispositivo inalámbrico, o cuando el primer dispositivo inalámbrico detecta una pérdida de intensidad en el canal descendente desde la estación base hasta el primer dispositivo inalámbrico. Por otra parte, el primer dispositivo inalámbrico puede enrutar el tráfico para la tercera estación base inalámbrica a través del segundo dispositivo inalámbrico cuando sea beneficioso. La tercera estación base inalámbrica, por ej. una estación base celular, puede solicitar ayuda también al segundo dispositivo inalámbrico cuando se comunica con el primer dispositivo inalámbrico. Asimismo, el primer dispositivo inalámbrico podría solicitar ayuda al segundo dispositivo inalámbrico cuando se comunica con la tercera estación base inalámbrica.

En la realización anteriormente descrita, el segundo dispositivo inalámbrico puede decidir prestar soporte al primer dispositivo inalámbrico, por ej. actuar como nodo intermedio, como un nodo de pasarela, para el primer dispositivo inalámbrico, basándose al menos en uno de los factores siguientes: calidad de los colectores y relés cercanos, cantidad de colectores y relés cercanos, vida de la batería, fuente de alimentación, rendimiento medio, uso de ancho de banda, necesidades de ancho de banda, disponibilidad de ancho de banda, tipo de dispositivo, nivel de movilidad, hora del día, tarifas de suscripción, perfil del usuario, intensidad y calidad de la señal no celular, intensidad y calidad de la señal celular, nivel de interferencia inalámbrica detectada por la interfaz no celular, nivel de interferencia inalámbrica detectada por la interfaz celular, número de saltos a un colector, estado actual del segundo dispositivo, estado actual del primer dispositivo, política de participación que utiliza el segundo dispositivo inalámbrico, política de participación que utiliza el primer dispositivo inalámbrico y entorno inalámbrico circundante.

Por ejemplo, cada uno de estos factores, o un subconjunto de ellos, se pueden comparar con los respectivos valores límite o categorías; si un factor alcanza el umbral o corresponde a una categoría, el dispositivo puede decidir prestar ayuda al primer dispositivo inalámbrico y si no se alcanza el umbral o la categoría no resulta aplicable, el dispositivo puede decidir no prestar ayuda al primer dispositivo inalámbrico.

En la realización anterior, el primer dispositivo inalámbrico puede solicitar soporte al segundo dispositivo inalámbrico y a la tercera estación base inalámbrica, y el coste del soporte para el usuario del primer dispositivo inalámbrico puede depender al menos de uno de los siguientes factores: hora, fecha, tarifas de suscripción, perfil del usuario, condiciones de la red, congestión de la red, ubicación, entorno inalámbrico circundante, precio puntual, precio medio, precio nocturno y precio mensual. Cabe esperar que el hecho de añadir la dimensión del coste a la solicitud, concesión, recepción y prestación de ayuda genere incentivos económicos para que los terminales inalámbricos cooperen entre ellos. Esta cooperación puede resultar útil para los terminales inalámbricos y las redes inalámbricas, aunque no todas las realizaciones incorporan estos incentivos. Por ejemplo, un suscriptor que paga unos precios de suscripción superiores puede que solicite una cooperación relativamente frecuente e intensa de los terminales inalámbricos cercanos. Por ejemplo, durante las horas punta, la solicitud y recepción de soporte puede tener un precio puntual elevado. También, durante las horas punta, conceder y prestar soporte puede llevar asociado una elevada recompensa. Esta información sobre coste y recompensa se puede poner a disposición de los usuarios, dispositivos inalámbricos, estaciones base inalámbricas y operadores de redes inalámbricas en tiempo real.

Las Figuras 7A a 7D son vistas esquemáticas generalizadas de ejemplos de una célula de una red móvil donde los dispositivos inalámbricos de la célula tienen la capacidad de cooperar entre ellos y con la estación

base vía multisalto según una realización de la presente invención. En el escenario 702 de la Figura 7A, el dispositivo inalámbrico 704 detecta una pérdida de intensidad desde la torre celular 712 y los dispositivos inalámbricos 706 y 708 detectan una pérdida de intensidad desde la torre celular 712. Se produce una subida de intensidad cuando en un momento dado en tiempo y/o frecuencia, un receptor recibe una señal de transmisores con una ratio alta señal/ruido de interferencia (SINR) o una ratio alta señal/ruido (SNR). La pérdida de intensidad se produce cuando en un momento dado en tiempo y/o frecuencia, un receptor recibe una señal de transmisores con una ratio baja señal/ruido de interferencia (SINR) o un ratio baja señal/ruido (SNR). Sin ninguna cooperación entre los dispositivos inalámbricos y la torre celular, la única forma de que el dispositivo inalámbrico se comuniquen con la red móvil es directamente a través de un salto. Como se muestra en el escenario 702, esta limitación podría obligar a los dispositivos a obtener una baja velocidad de datos cuando utilizan una cantidad determinada del espectro inalámbrico debido a la pérdida de intensidad. En el escenario 720 de la Figura 7A, el dispositivo inalámbrico 722 detecta una pérdida de intensidad desde la torre celular 730 y los dispositivos inalámbricos 724 y 726 detectan una pérdida de intensidad desde la torre celular 730. Si la torre celular 730 es capaz de enrutar el tráfico descendente hacia el dispositivo inalámbrico 724 a través del dispositivo inalámbrico 722, podría soportar una mayor velocidad de datos usando la misma cantidad del espectro, como en el escenario 702, porque el dispositivo 722 experimenta una pérdida de intensidad desde la torre celular 730. En el escenario 740 de la Figura 7C, el dispositivo inalámbrico 744 detecta una pérdida de intensidad desde la torre celular 750 y los dispositivos inalámbricos 742 y 746 detectan una pérdida de intensidad desde la torre celular 750. Por tanto, en el escenario 740, la torre celular 750 puede enviar directamente el tráfico descendente al dispositivo inalámbrico 744 y favorecer también una mayor velocidad de datos utilizando la misma cantidad de espectro que en el escenario 702. Esto se debe a que el dispositivo 744 experimenta una subida de intensidad desde la torre celular 750. En el escenario 760 de la Figura 7D, el dispositivo inalámbrico 766 detecta una pérdida de intensidad desde la torre celular 770 y los dispositivos inalámbricos 762 y 764 detectan una pérdida de intensidad desde la torre celular 770. Si la torre celular 770 es capaz de enrutar el tráfico descendente hacia el dispositivo inalámbrico 764 a través del dispositivo inalámbrico 766, podría soportar una mayor velocidad de datos usando la misma cantidad del espectro, como en el escenario 702, porque el dispositivo 766 experimenta una pérdida de intensidad desde la torre celular 770. Este ejemplo expone cómo los terminales inalámbricos y la red inalámbrica se pueden beneficiar de la capacidad de recibir soporte unos de otros. La velocidad de datos de los escenarios 702, 720, 740 y 768 puede ser de 1 Mbps y el ancho de banda puede ser 5 MHz.

El soporte algorítmico de las diferentes partes de la red móvil podría resultar útil, en algunos sistemas, para las redes móviles de un salto y multisalto. Este soporte podría facilitar el enrutamiento cooperativo, programación cooperativa, y una mejora de la fiabilidad y del rendimiento. El soporte algorítmico podría proceder del sistema transceptor de la base (BTS), del controlador de la estación base (BSC), del controlador de la red de radio (RNC), de la central de conmutación móvil (MSC) y otros terminales inalámbricos. Este soporte algorítmico podría mejorar la experiencia del usuario y el rendimiento de la red, por ej. permitiendo diversos tipos de uso y aplicaciones. Por tanto, los ejemplos mostrados en las Figuras 7A-D podrían beneficiarse de este enrutamiento del soporte algorítmico desde la estación base celular. Cabe señalar que los diferentes dispositivos inalámbricos de las Figuras 7A-D pueden experimentar severas subidas y pérdidas de intensidad en diferentes momentos y frecuencias debido a los efectos de multitrayecto, los efectos de sombra y la movilidad del vehículo. Puede requerirse soporte de facturación de la MSC para aplicar diferentes costes y compensaciones por la recepción y prestación de soporte. La cantidad de soporte recibido o prestado se podría basar en precios de suscripción, perfiles de usuario, preferencias de usuario y políticas de participación multisalto. El soporte algorítmico y la cooperación entre terminales inalámbricos podría ser inducido/iniciado/permitido por dispositivos inalámbricos, estaciones base inalámbricas, redes inalámbricas y redes centrales.

Típicamente los usuarios usan la red móvil sin saber demasiado de su estado actual. Por ejemplo, puede haber una congestión severa en la célula de una red móvil y si los dispositivos móviles del usuario intentan constantemente acceder a la red, la congestión puede empeorar. Esto puede reducir el rendimiento para todos. Si los terminales inalámbricos tienen la capacidad de cooperar entre sí, los dispositivos inalámbricos de la red central pueden ser capaces de acceder de forma inteligente a la red móvil para satisfacer las necesidades de los usuarios finales, aunque esta no es la única ventaja de esta cooperación y no todas las realizaciones prevén esta forma de cooperación. Las realizaciones pueden incluir un software de aplicación que detecte el estado de la red y la congestión de la red utilizando el soporte algorítmico de los dispositivos inalámbricos cercanos y la red central del operador celular. Por otra parte, el software de aplicación puede recoger las solicitudes de los usuarios de acceso a la red móvil. Utilizando los dos datos, el software de aplicación podría a continuación transmitir y recibir datos de la red de forma que mitigue la congestión de la misma y que no parezca inutilizable para los usuarios finales. Por ejemplo, datos sensibles en retardo, como datos de voz, se podrían intercambiar con la red móvil sin ese retardo. Sin embargo, las solicitudes para descargar archivos y almacenar vídeo se podrían aplazar, a fin de compensar la congestión en la red y ayudar a que la red opere en condiciones estables. Por otra parte, el retardo de acceso a la red móvil podría ser ocultado al usuario final a través de un diseño inteligente de la interfaz de usuario, por ej. con animaciones de transición. Asimismo, cabe esperar que esta cooperación y coordinación entre terminales

inalámbricos y el centro del operador celular sean positivas para el rendimiento general de la red. Por tanto, se espera que el usuario final detecte una mejora de su experiencia de usuario y del rendimiento. El software de aplicación o hardware de la realización anterior podría formular múltiples solicitudes (por ej. solicitar acceso a la red) a la vez al usuario y después usar oportunamente la red aprovechando el conocimiento del macro y micro entorno de la red. Esta funcionalidad podría incluir el suministro de datos http a un navegador web que esté siendo utilizado por el usuario cuando estos datos estén disponibles a conveniencia de la red. En algunas realizaciones, la ayuda algorítmica de otros terminales inalámbricos y de la red central del operador de redes puede simplificar el diseño de la interfaz humana de esta aplicación y conseguir que al usuario final le parezca que la latencia es baja. Además, la eficiencia de la red puede mejorar y la congestión reducirse como se ha explicado anteriormente. Esto podría resultar especialmente útil para las redes inalámbricas durante las horas punta de uso y fuerte congestión, aunque se espera que la técnica ofrezca otros beneficios y no todas las realizaciones ofrecen este beneficio. El acceso a la red demorado de forma significativa puede resultar particularmente útil en algunas realizaciones. Por ejemplo, las copias de seguridad de grandes bases de datos se podrían demorar hasta la noche, cuando la congestión de la red es baja y dispone de capacidad.

Más aún, en algunas realizaciones el dispositivo inalámbrico puede tomar esta decisión independientemente, sin ninguna ayuda o con una ayuda limitada de las estaciones base. Una forma de hacerlo consiste en analizar la intensidad de la señal de las estaciones base cercanas. Si las intensidades de señal de las principales (más potentes) estaciones base son prácticamente iguales, el dispositivo puede prever que es probable un exceso de interferencia en el borde de la célula y puede intentar utilizar su interfaz no celular para comunicar indirectamente con una estación base cercana. Otras formas para predecir y detectar la interferencia del usuario en el borde de la célula de una manera distribuida podrían utilizar una de las opciones siguientes: intensidades de señal de las estaciones base cercanas, calidad de los nodos colectores y relés cercanos, cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, vida de batería, fuente de alimentación, rendimiento medio, uso de ancho de banda, necesidades de ancho de banda, disponibilidad de ancho de banda, tipo de dispositivo, nivel de movilidad, hora del día, tarifas de suscripción, perfil del usuario, intensidad y calidad de la señal no celular, intensidad y calidad de la señal celular, nivel de interferencia inalámbrica experimentado por la interfaz no celular, nivel de interferencia inalámbrica experimentado por la interfaz celular, número de saltos a un nodo colector, entorno inalámbrico circundante, historial de rendimiento a través de las diversas rutas directas e indirectas a la red de telefonía móvil, y feedback de los dispositivos inalámbricos cercanos. El feedback de los dispositivos inalámbricos cercanos se puede introducir en algoritmos y protocolos distribuidos, que en algunas realizaciones pueden determinar el enrutamiento sin un conocimiento global del estado de todos los dispositivos inalámbricos de la célula o dentro de un cierto rango. Asimismo, en algunos sistemas este feedback solo proporciona indicaciones al dispositivo y este sigue siendo capaz de tomar una decisión de salto independiente para mitigar la interferencia del usuario que se encuentra en el borde de la célula. Sin embargo, en determinados sistemas, los enfoques distribuidos podrían ser demasiado cautos y verse afectados por falsas alarmas. Por tanto, una ligera coordinación con estaciones base puede resultar útil en determinadas implementaciones incluso cuando los dispositivos inalámbricos utilizan sus interfaces no celulares para comunicar con las estaciones base; los principios de la presente invención, en determinadas realizaciones, prevén esta coordinación para mejorar la cobertura y la capacidad de las redes móviles.

En determinadas realizaciones, cada dispositivo inalámbrico de una red multisalto híbrida celular/no celular puede ejecutar ciertos procesos para seleccionar una función o funciones que el dispositivo inalámbrico realizará en la red. Por ejemplo, la Figura 8 ilustra un ejemplo de un proceso 800 para determinar si un dispositivo inalámbrico operará como nodo de retransmisión (por ej. como nodo intermedio) en la red multisalto. Aunque los pasos de este proceso y otros procesos debatidos en el presente documento se abordan en un orden particular, las técnicas que se describen no se limitan a realizaciones que realizan estos pasos en ese orden, salvo que se indique lo contrario.

El proceso 800 de la presente realización comienza con un paso en el que se detecta si la señal de estado del nodo está siendo emitida por otro dispositivo inalámbrico, como se ilustra en el bloque 812. La señal de estado del nodo puede ser una señal emitida por cada uno de los dispositivos inalámbricos de la red multisalto, como se ha descrito anteriormente.

Después, en el proceso ilustrado 800, el dispositivo que realiza el proceso 800 determina, por ej. si una señal de estado del nodo está siendo emitida por otro dispositivo inalámbrico, como se ilustra en el bloque 814. Si no se está emitiendo una señal de estado del nodo, el proceso 800, en esta realización, vuelve al bloque 812 en respuesta. Si se está emitiendo una señal de estado del nodo, en respuesta el proceso 800 procede para recibir la señal de estado del nodo, como se ilustra en el bloque 816. La recepción de la señal de estado del nodo puede incluir la recepción de la señal de estado del nodo a través de una interfaz no celular del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800. En algunas realizaciones, la información codificada o transmitida de otro modo por la señal de estado del nodo recibida puede ser almacenada en la memoria del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800. La recepción de la señal de estado del nodo también

puede incluir la detección de atributos de la señal de estado del nodo, incluyendo la intensidad de la señal de estado del nodo y la ratio señal/ruido o ratio señal/interferencia más ruido de la señal de estado del nodo.

En esta realización, el proceso 800 continúa hasta un paso de obtención de un valor indicativo de la intensidad de la señal celular, como se ilustra en el bloque 818. La obtención de un valor indicativo de la intensidad de una señal celular puede incluir la obtención de un valor indicativo de la intensidad de la señal celular de las señales de una estación base celular en un nodo de pasarela, por ej. un nodo de pasarela que emite la señal de estado del nodo recibida en el paso 816 o un nodo de pasarela a través del cual el dispositivo inalámbrico, por ej. un nodo intermedio, que emite la señal de estado del nodo está configurado para conectar a la estación base celular. La intensidad de la señal celular puede ser una amplitud de las señales recibidas desde la estación base celular, por ej. por enlace ascendente del nodo de pasarela. En algunas realizaciones, la amplitud puede ser una amplitud en el dominio de frecuencia, por ej. en algunos sistemas que utilizan multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), o la intensidad de la señal puede ser una amplitud del dominio de tiempo, por ej. en ciertas redes móviles de tercera generación. El nodo de pasarela que mide la intensidad de la señal celular puede probar la intensidad de la señal, por ej. de todo un frame de datos, o basarse en señales celulares que codifican un encabezado, un preámbulo o pilotos de un frame. En algunas realizaciones, la intensidad de la señal se puede expresar como una indicación de la intensidad de la señal recibida (RSSI) o la intensidad de la señal se puede expresar como un indicador de potencia del canal recibido (RCPI), ambos como se define en las especificaciones de la norma IEE 802.1. En determinadas realizaciones, la intensidad de la señal celular se puede calcular restando de una amplitud detectada de señales celulares una medida o estimación del ruido, por ej. una estimación del ruido ambiente o una medida del ruido ambiente durante un periodo de silencio en un canal en cuestión.

A continuación, en la presente realización del proceso 800, se determina, por ej. por un dispositivo inalámbrico, si el valor indicativo de la intensidad de una señal celular es superior a una intensidad de señal celular límite, como se ilustra en el bloque 820. Si la intensidad de la señal celular no es superior a la intensidad de señal celular umbral, entonces en respuesta el proceso 800 vuelve al bloque 812 en esta realización. La intensidad de señal celular umbral puede ser, antes de la ganancia de procesos, -50 dBm o -113 dBm, por ej. en una red móvil CDMA de tercera generación, o -100 dBm o 0 dBm en una red móvil LTE. En algunas realizaciones, la intensidad de señal celular umbral puede ser una función de una ratio señal/ruido o una ratio señal/interferencia más ruido de las señales celulares, con un umbral superior en respuesta a un ratio superior. Determinadas realizaciones pueden cambiar el umbral en respuesta a una hora del día y a un perfil de uso de la red asociado con esa hora del día. Por ejemplo, el umbral se puede elevar en horas de mucho tráfico en la red móvil. Si el valor indicativo de la intensidad de la señal celular es inferior a la intensidad de señal celular límite, entonces en respuesta el proceso 800 vuelve al bloque 812. De lo contrario, el proceso 800 avanza hasta el paso marcado con el número de referencia 822. En algunas realizaciones, adicional o alternativamente al bloque de decisión ilustrado 820, la intensidad de la señal celular se puede multiplicar por un coeficiente de intensidad de la señal celular, y este valor se puede añadir a otros valores que se describen más abajo para formar una puntuación agregada de idoneidad del relé.

En esta realización, el proceso 800 incluye a continuación un paso de obtención de un valor indicativo de la calidad de la señal celular, como se ilustra en el bloque 822. La calidad de la señal celular en cuestión, en esta realización, puede ser un indicador de la calidad del canal (CQI) o una SINR o SNR detectada por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 para seleccionar una función para sí mismo. La calidad de la señal celular se puede cuantificar, por ej. detectando intensidades de señal de las señales de más de una estación base celular y restando la intensidad de señal más fuerte de la siguiente intensidad de señal más fuerte. Algunas realizaciones pueden cuantificar la calidad de la señal celular como una ratio señal/interferencia más ruido, un indicador de la calidad del canal o una ratio de energía por bit a ruido por bit. Algunas realizaciones pueden cuantificar la calidad de la señal celular indirectamente, por ej. midiendo una ratio de producción de señales de datos entre el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 y una estación base celular. Determinadas realizaciones también pueden medir la calidad de la señal celular de fuentes distintas de las estaciones base celulares, como la interferencia de otros terminales inalámbricos. Por ejemplo, algunos sistemas configurados para una red móvil LTE pueden utilizar técnicas similares a las anteriormente descritas para medir la interferencia de las estaciones base celulares a fin de medir la interferencia de otros terminales. Algunas realizaciones pueden estimar la calidad de la señal celular contando el número de torres celulares desde las que se reciben señales. Las señales de las diversas estaciones base celulares se pueden detectar a través de la interfaz celular del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800.

Tras obtener un valor indicativo de la calidad de la señal celular, en esta realización, el proceso 800 avanza al paso 824 en el que se determina si el valor indicativo de la calidad de la señal celular es superior a la calidad de la señal celular límite. En algunas realizaciones, la calidad de la señal celular umbral puede ser 0 dB a 30 dB, incluyendo una ganancia de procesamiento, o -20 dB a 20 dB, medida sin ganancia de procesamiento. Como sucede con la intensidad de señal celular umbral, la calidad de señal celular umbral se puede cambiar en base a otros parámetros. Por ejemplo, la calidad de la señal celular umbral se puede incrementar en función de la hora del día y del perfil de uso de una red, de forma que la calidad de la señal celular umbral se

incrementa en las horas en las que el tráfico de la red suele ser intenso. En otro ejemplo, la calidad de la señal celular umbral se puede modular en base a una cantidad de incertidumbre relativa al valor indicativo de la calidad de la señal celular, donde una mayor cantidad de incertidumbre corresponde a una calidad de señal celular umbral superior. Si el valor indicativo de la calidad de la señal celular no es superior a la calidad de señal celular umbral, el proceso 800 vuelve al bloque 812. De lo contrario, el proceso 800 continúa al bloque número 826. En algunas realizaciones, adicional o alternativamente al bloque de decisión 824, el valor indicativo de la calidad de la señal celular se puede multiplicar por un coeficiente de calidad de la señal celular y sumarse a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

A continuación, el proceso ilustrado 800 incluye un paso de obtención de un valor indicativo de la intensidad de la señal no celular, como se ilustra en el bloque 826. En esta realización, la intensidad de la señal no celular es la intensidad de las señales no celulares de otros dispositivos inalámbricos recibidas en el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800. Por ejemplo, la intensidad de las señales no celulares se puede cuantificar en base a la intensidad de una señal de estado del nodo recibida de otro dispositivo inalámbrico. Las señales no celulares pueden ser señales transmitidas según cualquiera de los protocolos de señal no celular mencionados, incluyendo cualquiera de los protocolos de la norma IEEE 802.11. En algunas realizaciones, la intensidad de la señal no celular se cuantifica como un valor de RSSI o RCPI. Algunas realizaciones del proceso 800 pueden incluir un paso que consiste en restar una estimación o una medición del ruido o la interferencia no celular de la intensidad de señal no celular medida para formar un valor ajustado de intensidad de señal no celular. La intensidad de señal no celular puede, por ej. cuantificarse como una amplitud medida basada en la señal de estado del nodo u otro frame de baliza o de datos de otros dispositivos inalámbricos. (Como se ha indicado antes, la señal de estado del nodo puede incluir un valor que indica la potencia con la que se transmite la señal de estado del nodo y en algunas realizaciones el valor indicativo de una intensidad de señal no celular se puede dividir por este valor para determinar un valor de pérdida en el trayecto, que se puede comparar con un umbral de pérdida en el trayecto para determinar si el proceso 800 vuelve al bloque 812 o continúa según se ilustra). En los casos en los que el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 mide la intensidad de la señal no celular de múltiples dispositivos inalámbricos, el dispositivo inalámbrico puede comparar las intensidades de señales no celulares y seleccionar la intensidad más fuerte como el valor indicativo de la intensidad de la señal no celular.

A continuación, en la realización ilustrada del proceso 800, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 determina si el valor indicativo de la intensidad de una señal no celular es superior a una intensidad de la señal no celular umbral, como se ilustra en el bloque 828. Esta determinación 828 puede incluir la comparación con una intensidad de señal no celular límite de -30 dBm y -96 dBm, por ejemplo en sistemas que usan uno de los protocolos de la norma IEEE 802.11. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de la intensidad de señal no celular se puede multiplicar por un coeficiente de intensidad de señal no celular, que se puede determinar empíricamente o bien basado en modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé. Si el valor indicativo de la señal no celular es superior a la intensidad de señal no celular umbral, entonces en respuesta el proceso 800 vuelve al bloque 812. De lo contrario, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 830.

En el bloque 830 de la presente realización del proceso 800, se obtiene un valor indicativo de la calidad de una señal no celular. En algunas realizaciones, el valor indicativo de la calidad de una señal no celular se puede cuantificar como un valor de RSSI, una ratio señal/ ruido, una ratio señal/interferencia más ruido, o un valor de RCPI, por ejemplo. En otras realizaciones, el valor indicativo de interferencia no celular puede ser un recuento de los dispositivos inalámbricos que transmiten en un canal o canales particulares que se solapan con un canal particular. La calidad de la señal no celular se puede medir a partir de las señales de estado del nodo u otras señales, por ej. frames de baliza, frames de datos u otras transmisiones recibidas vía interfaz no celular del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800. En sistemas que emplean algunas de las técnicas de separación entre frames deterministas o parcialmente deterministas que se describen más abajo, la interferencia no celular se puede cuantificar midiendo el número de intervalos de duración de separación entre frames en uso o disponibles.

A continuación, en la presente realización, se determina si el valor indicativo de una calidad de señal no celular es superior a la calidad de una señal no celular umbral, como se indica en el bloque 832. La calidad de señal no celular umbral puede ser una ratio o un indicador (como CQI o SINR), por ejemplo una SINR de 0 dB a 30 dB, incluyendo ganancias del proceso, por ejemplo, en el caso de los sistemas no celulares que emplean uno de los protocolos IEEE 802.11 y una codificación de 64 QAM. Los sistemas con una codificación más agresiva, como 256 QAM, en algunas realizaciones, pueden tener una interferencia no celular umbral de 0 dB a 40 dB. En algunas realizaciones, la interferencia no celular umbral se puede modular en función del grado de confianza para la interferencia no celular medida, donde un menor grado de confianza se corresponde con un umbral de interferencia no celular superior. Si el valor indicativo de la calidad de la señal no celular es inferior a la calidad de señal no celular umbral, entonces el proceso 800 vuelve al bloque 812. De lo contrario, el proceso 800 continúa al bloque 834. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de la calidad de señal no celular se puede multiplicar por un coeficiente de calidad de señal no celular, donde el

coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

5 En algunas realizaciones, el proceso 800 puede incluir un paso de obtención de un valor indicativo de un precio por el servicio celular pagado por un usuario asociado con el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, como se indica en el bloque 834. El valor indicativo del precio del servicio celular puede indicar, por ejemplo, el importe que el usuario del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 se ha comprometido a pagar al operador de una red móvil u otros atributos de la relación del usuario con el operador de la red móvil, por ejemplo si el usuario es un cliente habitual o si tiene derecho a un nivel superior de servicio por alguna otra razón. El valor indicativo del precio puede ser obtenido de una red móvil en base a una tarjeta SIM asociada con el dispositivo inalámbrico u otro identificador del dispositivo inalámbrico almacenado en la memoria del dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico puede consultar a la red móvil en tiempo real (por ej. aproximadamente al mismo tiempo que realiza el presente paso) para identificar un valor indicativo del precio pagado.

15 A continuación, en la realización ilustrada del proceso 800, el dispositivo inalámbrico determina si el valor indicativo de un precio por el servicio celular pagado por un usuario asociado con el dispositivo inalámbrico es inferior a un precio límite, como se ilustra en el bloque 836. En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico puede determinar si el precio es superior a un precio umbral. El precio umbral se puede modular en base a diversos factores. Por ejemplo, el precio límite se puede reducir en respuesta a un nivel de batería relativamente bajo del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, por ej. menos de un 20% de batería restante, o el precio límite se puede modular basado en una hora del día y en el historial de uso almacenado en la memoria del dispositivo inalámbrico, por ej. el precio límite se puede aumentar si es a primera hora de la tarde y el uso previo del dispositivo indica que es probable que el dispositivo inalámbrico vaya a ser utilizado extensivamente más avanzada la tarde. Si el valor indicativo de un precio pagado por el servicio celular es superior al precio límite, el proceso 800 vuelve al bloque 812 en respuesta. De lo contrario, en respuesta, en este realización el proceso 800 continúa al bloque 838. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de un precio pagado por el servicio celular se puede multiplicar por un coeficiente del precio, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

30 En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede obtener de otro dispositivo inalámbrico un valor que indica un precio que otro usuario está dispuesto a pagar por saltar al dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800. Esta oferta de pago recibida se puede comparar con un precio de pago límite y si la oferta de pago supera el precio de pago límite, el proceso 800, en respuesta, puede seguir adelante como se ilustra en el bloque 838 o, si no se supera el precio de pago límite, el proceso 800, en respuesta, puede volver al bloque 812. En algunas realizaciones, un usuario del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede introducir un precio límite o parámetros utilizados para establecer un precio de pago límite. Por ejemplo, el usuario puede indicar que el precio de pago límite debería tener un determinado valor dependiendo de la hora del día y de la cantidad de batería restante

en el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800.

40 En esta realización, el proceso 800 avanza a un paso de obtención de un valor indicativo de una cantidad de energía almacenada por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, como se indica en el bloque 838. El valor indicativo de una cantidad de energía, en algunas realizaciones, puede ser un valor indicativo de una cantidad de capacidad de almacenamiento de batería que queda sin gastar, por ejemplo, un porcentaje de la batería restante o un valor que indica la cantidad de tiempo que el dispositivo inalámbrico puede continuar funcionando con la cantidad existente de energía almacenada y el patrón de uso actual, o el valor puede ser, o corresponderse con, una cantidad absoluta de energía almacenada. En otras realizaciones, el valor puede ser indicativo de una cantidad de fluido restante en un depósito, por ej. una cantidad de hidrógeno o metano para el uso en una célula de combustible. Este valor indicativo de una cantidad de energía, en algunas realizaciones, se puede obtener consultando al sistema operativo del dispositivo inalámbrico.

50 A continuación, en la presente realización, como se ilustra en el bloque 840, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 determina si el valor indicativo de una cantidad de energía almacenada supera una cantidad de energía umbral. La cantidad de energía umbral almacenada puede, en algunas realizaciones, modularse en función de una serie de factores. Por ejemplo, la cantidad de energía umbral se puede ajustar en base a la hora del día y un perfil de uso previo almacenado en la memoria del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, donde la cantidad de energía umbral se ajusta en base a una integración con respecto a la parte restante del día del perfil de uso previo almacenado en la memoria. Por ejemplo, si el perfil de uso previo y la hora del día indican que es probable que el dispositivo inalámbrico vaya a ser utilizado extensamente antes de ser cargado de nuevo, entonces la cantidad de energía umbral

60 se puede elevar y viceversa. El perfil puede incluir una cantidad media de uso para cada hora del día en un determinado periodo, por ej. en la semana anterior, y puede indicar las horas en las que el dispositivo

inalámbrico se cargó durante este periodo. En esta realización, si el valor indicativo de una cantidad de energía almacenada es inferior a la cantidad de energía umbral, el proceso 800, en respuesta, vuelve al bloque 812. De lo contrario, en respuesta, en esta realización el proceso 800 continúa al bloque 842. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de una cantidad de energía almacenada se puede multiplicar por un coeficiente de almacenamiento de energía, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

A continuación, en la realización ilustrada del proceso 800, se obtiene un valor indicativo del número de antenas del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, como se ilustra en el bloque 842. En algunas realizaciones, el valor puede ser un valor binario que indica si el dispositivo inalámbrico está configurado para entradas y salidas múltiples (MIMO). En otras realizaciones, el valor puede ser un número de antenas para dos entradas, dos salidas, o entrada y salida de señales no celulares. El valor indicativo del número de antenas puede, por ejemplo, almacenarse en un registro u otro entorno de configuración accesible a través del sistema operativo del dispositivo inalámbrico. El número de antenas puede ser el número de antenas conectadas a una interfaz celular, una interfaz no celular, o ambas interfaces del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800.

A continuación, en la realización ilustrada del proceso 800, se compara el valor indicativo de un número de antenas con un valor de antenas umbral, como se ilustra en el bloque 844. El valor de antenas umbral puede ser un número de antenas de 1 a 8, por ejemplo. Se espera que un mayor número de antenas permita mejores conexiones con otros dispositivos, dado que las antenas adicionales se pueden utilizar, por ejemplo, para valorar con mayor precisión que los sistemas con menos antenas, la dirección inalámbrica y la distancia inalámbrica de las señales recibidas que, en algunas realizaciones, proporcionan información que puede afectar a la confianza depositada en las medidas de interferencia y se pueden utilizar para estimar la topología de la red. En esta realización, si el valor indicativo del número de antenas es inferior al valor de antenas umbral, el proceso 800, en respuesta, vuelve al bloque 812. De lo contrario, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 846. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo del número de antenas se puede multiplicar por un coeficiente de antenas, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé. En otras realizaciones, los pasos 842 y 844 se realizan con menos frecuencia, por ej. durante un proceso de arranque del dispositivo inalámbrico, y el proceso 800 solo se realiza si el valor indicativo del número de antenas supera un valor de antenas umbral.

A continuación, en la presente realización descrita del proceso 800, el dispositivo inalámbrico obtiene un valor indicativo del movimiento del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, como se ilustra en el bloque 846. El movimiento se puede detectar a través de diversos mecanismos. Por ejemplo, el movimiento se puede detectar a través de componentes del dispositivo inalámbrico configurados para detectar la posición y los cambios en la posición a través del sistema de posicionamiento global. En otro ejemplo, el movimiento se puede detectar triangulando la posición del dispositivo inalámbrico y los cambios en la posición del dispositivo inalámbrico a través de señales celulares o no celulares de una pluralidad de fuentes (por ej. tres o más) de estas señales a través de la interfaz celular o no celular del dispositivo inalámbrico. El otro ejemplo, el movimiento del dispositivo inalámbrico se puede detectar calculando un desplazamiento Doppler de las señales inalámbricas recibidas por el dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, el movimiento se puede detectar a través de un acelerómetro conectado al dispositivo inalámbrico, por ej. integrando una señal del acelerómetro para estimar la velocidad. En algunas realizaciones, el movimiento se mide en relación con un punto de referencia fijo, por ejemplo una o más estaciones base celulares. Adicional o alternativamente, el movimiento se puede cuantificar en relación con puntos de referencia potencialmente móviles, por ejemplo en relación con otros dispositivos inalámbricos que pueden saltar al dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 o a los que puede saltar el propio dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800.

En esta realización, el dispositivo inalámbrico puede determinar a continuación si el valor indicativo del movimiento es inferior a un valor de movimiento límite, como se ilustra en el bloque 848. En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico puede determinar si el valor indicativo del movimiento es superior al valor de movimiento umbral. El movimiento umbral puede ser un valor de bajo movimiento o alto movimiento o un valor objetivo, como menos de 16 kilómetros por hora o menos de 48 kilómetros por hora. En algunas realizaciones, el movimiento umbral se puede expresar como una tasa de cambio en la topología que se cuantifica como lento o rápido o de forma objetiva, por ej. como menos de uno o dos dispositivos inalámbricos que entran o salen del rango inalámbrico del dispositivo por minuto. Si el valor indicativo del movimiento del dispositivo inalámbrico es superior al valor de movimiento umbral, entonces en respuesta el proceso 800 vuelve al bloque 812. De lo contrario, en esta realización, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 850. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo del movimiento del dispositivo inalámbrico se puede multiplicar por un coeficiente de movimiento, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

A continuación, en la presente realización descrita del proceso 800, el dispositivo inalámbrico obtiene un valor indicativo de la hora del día, como se ilustra en el bloque 850. En algunas realizaciones, el valor indicativo de la hora del día podría ser la hora del día en un reloj de 24 horas. En otras realizaciones, el valor indicativo de la hora del día puede indicar la hora con respecto a un patrón del perfil de uso almacenado en la memoria del dispositivo inalámbrico. Por ejemplo, el patrón del perfil de uso almacenado en la memoria puede indicar la hora o las horas medias del día durante las cuales el dispositivo inalámbrico se carga y el uso medio para cada periodo, por ejemplo durante cada hora, de otras partes del día. En este ejemplo, el patrón del perfil de uso almacenado en la memoria puede indicar que el dispositivo inalámbrico se carga típicamente entre las 21.00 y las 7.00 horas y que el 70% del uso diario típico de los dispositivos se produce entre las 18.00 y las 21.00 horas. En respuesta a este perfil y a una indicación de que la hora actual del día es las 18.00 horas, el valor indicativo de la hora del día puede indicar una cantidad prevista de consumo de energía o tráfico de red que se espera que ocurra antes de la próxima sesión de carga.

A continuación, en esta realización, el dispositivo inalámbrico determina si el valor indicativo de la hora del día es superior a un valor umbral, como se indica en el bloque 852. En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico puede determinar si la hora del día es inferior a una hora límite. La hora límite se puede modificar en base a otros factores. Por ejemplo, si el valor indicativo de la hora del día indica que se espera una cantidad sustancial de uso, la hora límite puede ser relativamente alta y se puede ajustar en base a la cantidad de energía almacenada por el dispositivo inalámbrico. Si el valor indicativo de la hora del día es inferior a la hora límite, en esta realización, el proceso 800 vuelve al bloque 812 en respuesta. De lo contrario, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 854. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de la hora del día se puede multiplicar por un coeficiente de tiempo, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

En el paso 854, en esta realización, el dispositivo inalámbrico obtiene un valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible. En algunas realizaciones, el valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible se puede determinar empíricamente enviando y recibiendo datos. En algunas realizaciones se pueden obtener dos valores, uno para el ancho de banda disponible en enlace ascendente y uno para el ancho de banda disponible en enlace descendente, y cada valor se puede comparar con un umbral separado en el paso siguiente. La cantidad de ancho de banda disponible, en la presente realización, puede ser la cantidad de ancho de banda celular disponible, aunque otras realizaciones pueden obtener adicional o alternativamente un valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible no celular. En algunas realizaciones, la cantidad de ancho de banda disponible puede ser determinada por una estación base celular y este valor puede ser transmitido al dispositivo inalámbrico. En realizaciones en las que el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 se conecta con la estación base celular a través de un nodo de pasarela, el valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible puede ser un valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible para el nodo de pasarela con la estación base celular. La cantidad de ancho de banda disponible también se puede cuantificar como una cantidad de espectro disponible u otro atributo ortogonal de un protocolo inalámbrico.

A continuación, en esta realización del proceso 800, el dispositivo inalámbrico determina si el valor indicativo de la cantidad de ancho de banda disponible es superior a un valor de ancho de banda umbral, como se indica en el bloque 856. La cantidad de ancho de banda umbral se puede expresar en términos absolutos, por ejemplo de 0 Mb por segundo a 100 Mb por segundo, o la cantidad de ancho de banda umbral se puede expresar como un porcentaje de la cantidad máxima de ancho de banda potencialmente disponible, por ejemplo de 0% a 100%, o más del 20%, más del 40% o más del 60%. La cantidad de ancho de banda umbral se puede modular en base a otros factores. Por ejemplo, otros dispositivos inalámbricos potenciales originadores de nodos pueden emitir una señal que indica una cantidad necesaria de ancho de banda, y la cantidad de ancho de banda umbral se puede ajustar en base a, por ejemplo la equiparación de la cantidad necesaria indicada de ancho de banda. En algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede emitir una cantidad de ancho de banda disponible, por ej. como parte de una señal de estado del nodo. La fiabilidad del valor indicativo de la cantidad de ancho de banda disponible también puede influir en el umbral y en la cantidad. Por ejemplo, si la fiabilidad es baja, por ejemplo debido a una cantidad relativamente pequeña de muestreo de la cantidad de ancho de banda disponible, por ej. menos de un frame de datos, la cantidad de ancho de banda umbral se puede aumentar. En esta realización, si el valor indicativo de la cantidad de ancho de banda disponible es inferior a la cantidad de energía umbral, el proceso 800, en respuesta, vuelve al bloque 812. De lo contrario, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 858. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de la cantidad de ancho de banda disponible se puede multiplicar por un coeficiente de ancho de banda, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

A continuación, en el presente ejemplo del proceso 800, el dispositivo inalámbrico obtiene un valor indicativo de una serie de saltos a una estación base celular desde el dispositivo inalámbrico, como se indica en el bloque 858. El número de saltos puede ser uno si el dispositivo inalámbrico es un nodo de pasarela o pueden

ser dos o más si el dispositivo inalámbrico salta a un nodo de pasarela de forma directa o indirecta. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede determinar primero si actuará como nodo de pasarela, indicando que tiene un recuento de saltos de uno, como se describe más abajo. Si el dispositivo inalámbrico determina que no actuará como nodo de pasarela, entonces el dispositivo inalámbrico puede recurrir a los datos codificados en las señales recibidas de otros dispositivos inalámbricos. El valor indicativo del número de saltos se puede determinar basado, en parte, en la señal de estado del nodo recibida de otros dispositivos inalámbricos a los que puede saltar el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800. Por ejemplo, si otro dispositivo inalámbrico más cercano a un nodo de pasarela emite una señal de estado del nodo que indica que el dispositivo inalámbrico más cercano tiene un único salto al nodo de pasarela, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede añadir uno al número recibido, resultando en un valor de tres saltos hasta la estación base celular.

A continuación, en esta realización del proceso 800, el dispositivo inalámbrico puede determinar si el valor indicativo del número de saltos es inferior a un valor de saltos límite, como se indica en el bloque 860. Si el valor indicativo del número de saltos es superior al valor límite, entonces, en respuesta, el dispositivo inalámbrico puede volver al bloque 812 del proceso 800. De lo contrario, en respuesta, el dispositivo inalámbrico puede continuar al bloque 862. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo del número de saltos se puede multiplicar por un coeficiente de recuento de saltos, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

A continuación, en esta realización, el dispositivo inalámbrico puede obtener un valor indicativo de la calidad de la ruta a la estación base celular, como se indica en el bloque 862. El valor indicativo de la calidad de la ruta puede ser una métrica ponderada que incluye el rendimiento medio, la latencia media, la inestabilidad media, el ancho de banda medio, el número de dispositivos que saltan, el número de saltos hasta la estación base y las rutas alternativas a la estación base. Los signos de los coeficientes para la métrica ponderada pueden tender a causar que la calidad de la ruta descienda en respuesta a un aumento de la latencia media, de la inestabilidad media y del número de saltos hasta la estación base. El rendimiento medio se puede medir empíricamente, por ej. emitiendo y recibiendo datos de prueba u otros datos entre el dispositivo inalámbrico y la estación base celular. En algunas realizaciones, la latencia media se puede determinar enviando un frame de gestión que solicita una verificación (por ej. solicita un acuse de recibo) a la estación base celular y mide el tiempo de ida y vuelta. La inestabilidad media se puede determinar, por ejemplo, transmitiendo una pluralidad de frames de gestión que solicitan una verificación a la estación base, y miden una variación, por ej. un máximo menos mínimo, o una desviación estándar, en el tiempo de ida y vuelta. El número de dispositivos que saltan se puede determinar, por ejemplo basado en un recuento de los demás dispositivos inalámbricos que han seleccionado en ese momento el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 para saltar. El número de saltos a la estación base puede ser el valor obtenido en el paso 845. Las rutas alternativas a la estación base pueden ser una medida de la cantidad de rutas de reserva disponibles para la estación base celular y una medida de la calidad de esas rutas de reserva. La calidad de estas rutas de reserva se puede obtener en base a una señal del estado del nodo emitida por los dispositivos inalámbricos a los que puede saltar el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 o se puede determinar de la manera que se describe en el paso 862.

A continuación, en esta realización del proceso 800, el dispositivo inalámbrico determina si el valor indicativo de la calidad de la ruta es superior a una calidad de ruta umbral, como se indica en el bloque 864. Si el valor indicativo de la calidad de ruta es inferior a la calidad de ruta umbral, entonces en respuesta el proceso 800 vuelve al bloque 812. De lo contrario, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 866. Alternativa o adicionalmente, el valor indicativo de la calidad de ruta se puede multiplicar por un coeficiente de calidad de ruta, donde el coeficiente apropiado se puede determinar empíricamente o bien en base a modelos, y este valor se puede sumar a la mencionada puntuación agregada de idoneidad del relé.

En algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico puede obtener una puntuación agregada de idoneidad del relé para el dispositivo inalámbrico, como se indica en el bloque 866 y como se ha descrito anteriormente. El dispositivo inalámbrico puede determinar si la puntuación agregada de idoneidad del relé es superior a una puntuación límite, como se indica en el bloque 868. Si la puntuación agregada de idoneidad del relé es inferior a la puntuación umbral, el proceso 800 puede volver al bloque 812 en respuesta. De lo contrario, en respuesta, el proceso 800 continúa al bloque 870. En algunas realizaciones, la puntuación agregada de idoneidad del relé puede indicar la idoneidad total del dispositivo inalámbrico para actuar como nodo de relé. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede alcanzar el paso 868 apenas superando varios de los mencionados valores umbral, en cuyo caso, la puntuación agregada de idoneidad del relé sería relativamente baja, indicando que el dispositivo inalámbrico es menos adecuado para actuar como relé que otros dispositivos inalámbricos con una puntuación agregada de idoneidad del relé superior.

En la presente realización del proceso 800, el dispositivo inalámbrico puede a continuación emitir una señal que indica la disponibilidad del dispositivo inalámbrico como nodo de relé, como se indica en el bloque 870. La señal se puede emitir como una señal de estado del nodo, como las señales de estado del nodo

anteriormente descrito. En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede detectar si otro dispositivo inalámbrico está emitiendo o transmitiendo una solicitud para saltar al dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800, en cuyo caso, en determinadas realizaciones, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 800 puede recibir datos del nodo originador en una interfaz no celular y transmitir los datos recibidos a otro dispositivo inalámbrico a través de la interfaz no celular o a una estación base celular a través de su interfaz celular.

En otras realizaciones, cada uno de los pasos del proceso 10, o un subconjunto de ellos, se puede realizar en un orden diferente del orden en el que se han expuesto anteriormente. Por otra parte, aunque se espera que cada uno de los pasos del proceso 800 mejore la selección de dispositivos inalámbricos como nodos de relé, estas selecciones se pueden realizar con un subconjunto de los pasos del proceso 800, lo que no sugiere que no se pueda omitir también cualquier caso futuro o descrito en otra parte.

En otras realizaciones, cada uno de los valores obtenidos en los pasos 818, 822, 826, 830, 834, 838, 842, 846, 850, 854, 858, y 862 se pueden transmitir como entradas a un módulo de red neuronal de primer, segundo o tercer orden, o de un orden superior, por ej. ejecutándose en la CPU del dispositivo inalámbrico. Las ganancias para cada capa de la red neuronal de la presente realización se pueden determinar empíricamente o basadas en modelos y estos valores se pueden almacenar en la memoria del dispositivo inalámbrico para valorar si el dispositivo inalámbrico debería actuar como nodo de relé. En otras realizaciones, se puede utilizar una máquina de vectores de soporte u otro módulo de aprendizaje automático para determinar si el dispositivo inalámbrico actuará como nodo de relé basado en los mencionados valores.

El proceso 800 descrito anteriormente y las realizaciones relacionadas también pueden ser utilizadas por un dispositivo inalámbrico para determinar si el dispositivo inalámbrico actuará como nodo de pasarela. En algunas realizaciones, el proceso 800 anteriormente descrito se puede modificar para este propósito invirtiendo los pasos de decisión 820 y 824. Por ejemplo, en esta realización, en respuesta a una determinación de que el valor indicativo de la intensidad de una señal celular es superior a la intensidad de señal celular umbral, el dispositivo inalámbrico puede volver al bloque 812 y en respuesta a una determinación de que el valor indicativo de la intensidad de una señal celular es inferior a la intensidad de una señal celular umbral, el dispositivo inalámbrico puede avanzar al bloque 822. De forma similar, en respuesta a una determinación de que el valor indicativo de la calidad de una señal celular es superior a la calidad de señal celular umbral, el dispositivo inalámbrico puede volver al bloque 812 y en respuesta a una determinación de que el valor indicativo de la interferencia celular es inferior a la interferencia celular umbral, el dispositivo inalámbrico puede avanzar al bloque 826. Se espera que estas dos modificaciones hagan que los dispositivos inalámbricos con una intensidad de señal celular relativamente fuerte y una interferencia celular relativamente pequeña operen como nodos de pasarela, proporcionando de esta forma potencialmente una trayectoria de interferencia celular relativamente baja para otros dispositivos inalámbricos de la red móvil, aunque no todas las realizaciones contempladas ofrecen esta ventaja. En otras realizaciones, algunos de los pasos no se invierten, y el proceso 800 aplica un umbral diferente (por ej. más elevado) en ciertos pasos para determinar si un dispositivo operará como nodo de pasarela.

En ciertas realizaciones, cada dispositivo inalámbrico puede ejecutar un proceso para determinar si el dispositivo inalámbrico conectará con una estación base celular directa o indirectamente a través de un nodo intermedio o un nodo de pasarela. Un ejemplo de este proceso 900 se muestra en la Figura 9. El proceso 900 se puede realizar periódicamente, por ej. en respuesta a la recepción de una señal de estado del nodo o en respuesta a una determinada cantidad de tiempo transcurrido, como aproximadamente 100 ms, por ejemplo. En otras realizaciones, el proceso 900 se puede realizar en respuesta a un usuario que indica su intención de transmitir o recibir datos, por ejemplo marcando un número de teléfono o abriendo un navegador. El proceso 900 puede ser realizado por una CPU del dispositivo inalámbrico conjuntamente con la interfaz celular y la interfaz no celular.

En esta realización, el proceso 900 empieza con el dispositivo inalámbrico detectando las intensidades de la señal celular de una o más estaciones base celulares, como se indica en el bloque 912. Las intensidades de la señal celular pueden ser detectadas y caracterizadas con las técnicas descritas anteriormente en otros pasos en los que se obtiene una intensidad de la señal celular. Tras obtener las intensidades de la señal celular, el dispositivo inalámbrico puede determinar si la intensidad de la señal de cualquier estación base celular es superior a una intensidad de señal celular umbral, como se indica en el bloque 914. La intensidad de la señal celular umbral puede ser una amplitud u otro valor seleccionado de forma que la intensidad de la señal celular sea adecuada para formar una conexión robusta, por ejemplo la intensidad de la señal celular umbral puede ser un valor superior a -80 dBm. Si ninguna de las estaciones base celulares tienen una intensidad de señal, percibida por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900, superior a la intensidad de señal celular umbral, el proceso 900, en respuesta, podrá proceder al bloque 924, que se describe más abajo. De lo contrario, en respuesta, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 de la presente realización puede avanzar al bloque 916. A continuación, en esta realización, el dispositivo inalámbrico puede determinar si la intensidad de la señal de más de una estación base celular es superior a la intensidad de señal celular umbral, como se indica en el bloque 916. Si solo una estación base celular tiene

una intensidad de la señal celular superior a la intensidad de señal celular umbral, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 puede avanzar, en respuesta, al bloque 918, y el dispositivo inalámbrico puede transmitir y recibir datos directamente de la estación base celular que tiene la intensidad de señal más fuerte sin utilizar un nodo intermedio o un nodo de pasarela. De lo contrario, en respuesta, el dispositivo inalámbrico puede avanzar al bloque 920 y, en la presente realización, el dispositivo inalámbrico puede calcular un valor indicativo de una diferencia entre las intensidades de la señal celular de las estaciones base celulares percibidas por el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900, como se indica en el bloque 920. El valor indicativo de una diferencia puede ser una diferencia media entre cada par de estaciones base celulares, una diferencia entre la estación base celular que tiene la señal más fuerte y la estación base celular que tiene la segunda señal más fuerte, o un número de estaciones base celulares de las que se reciben señales. A continuación, en la presente realización, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 puede determinar si el valor indicativo de una diferencia entre las intensidades de la señal celular de las estaciones base celulares es superior a la diferencia de la intensidad de señal umbral, como se indica en el bloque 922. Si, en esta realización, el valor es superior a la diferencia de la intensidad de señal límite, en respuesta, el proceso 900 avanza al bloque 918, dado que una de las estaciones base celulares tiene una intensidad de señal sustancialmente mayor, lo que indica que la interferencia con las otras estaciones base celulares es menos probable. De lo contrario, en esta realización, en respuesta, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 avanza al bloque 924 y obtiene datos indicativos de los nodos de relé disponibles.

La obtención de datos indicativos de los nodos de relé disponibles puede incluir la recepción de señales de estado del nodo de otros dispositivos inalámbricos y el almacenamiento de datos codificados en (o transmitidos de otro modo por) señales de estado del nodo en la memoria del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900. El dispositivo inalámbrico que realiza la presente realización del proceso 900 puede determinar a continuación si hay un nodo de relé disponible, por ejemplo en base a los datos obtenidos del bloque 924, como se indica en el bloque 926. Si no hay nodos de relé disponibles, en respuesta, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 puede volver al bloque 912, o en otras realizaciones el dispositivo inalámbrico puede volver al bloque 924 en los casos en los que sea recomendable que solo se busque una conexión multisalto. De lo contrario, en respuesta, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 avanza al bloque 928 y selecciona un nodo de relé disponible. La selección de un nodo de relé disponible puede incluir la recuperación de información de señales de estado del nodo almacenadas en la memoria del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 y la clasificación o selección de otro modo entre los nodos de relé disponibles, por ej. con el proceso de selección de ruta que se describe más abajo. En algunas realizaciones, la selección de un nodo de relé disponible también puede incluir la transmisión de una señal al nodo de relé seleccionado indicando la selección y ordenando al nodo de relé que propague una conexión a la red móvil con transmisiones similares. Por último, en la presente realización, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 puede transmitir o recibir datos entre la interfaz no celular del dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 900 y la interfaz no celular del nodo de relé seleccionado, que puede transmitir datos hacia y desde la red móvil.

En algunas realizaciones, en determinadas circunstancias, un nodo originador puede experimentar una topología de red que proporciona más de un nodo de relé disponible. En algunas realizaciones, el nodo originador puede seleccionar entre los nodos de relé disponibles y transmitir datos a través de un único nodo de relé o en paralelo a través de múltiples nodos de relé. Un ejemplo de un proceso 1000 para seleccionar una ruta a través de uno o más nodos de relé se ilustra en la Figura 1. El ejemplo de proceso 1000 lo puede realizar cada uno de los nodos originadores de una red híbrida celular/no celular multisalto. Por

ejemplo, el proceso 1000 se puede realizar como parte del paso 928 del proceso anteriormente descrito para determinar si un dispositivo inalámbrico saltará a otro dispositivo inalámbrico. El proceso 1000 también puede ser realizado por nodos intermedios a fin de seleccionar un nodo de pasarela u otro nodo intermedio más cercano a un nodo de pasarela.

En esta realización, el proceso 1000 empieza con el dispositivo inalámbrico originador obteniendo datos indicativos de los nodos de relé disponibles, como se indica en el bloque 1012. La obtención de datos indicativos de los nodos de relé disponibles puede incluir los pasos anteriormente descritos en relación con el bloque 824 del proceso 800. Por ejemplo, los datos indicativos de nodos de relé disponibles pueden ser recibidos por las señales de estado del nodo recibidas a través de una interfaz no celular del dispositivo inalámbrico originador de cada uno de una pluralidad de nodos de relé disponibles. Y en algunas realizaciones, cada uno de los nodos de relé puede realizar el proceso anteriormente descrito para formar una señal de estado del nodo. A continuación, en la presente realización, los datos indicativos de los nodos de relé disponibles se pueden almacenar en la memoria del dispositivo inalámbrico originador, como se indica en el bloque 1014. En algunas realizaciones, los datos se pueden almacenar como datos estructurados, por ejemplo como un objeto o como una o más entradas en una base de datos, que asocia un identificador de cada nodo de relé con datos sobre ese nodo de relé.

A continuación, en la presente realización del proceso 1000, el nodo originador puede calcular el rango de un relé en función de los datos obtenidos. Por ejemplo, el nodo originador puede recuperar los datos obtenidos

de la memoria, multiplicar los valores de los datos obtenidos por coeficientes de ponderación y sumar los productos para formar una puntuación agregada para cada dispositivo inalámbrico disponible como nodo de relé. Los coeficientes de ponderación pueden tener un signo (positivo o negativo), de forma que los coeficientes de ponderación tienden a causar los efectos siguientes: un mayor número de saltos que hace que un nodo de relé determinado tenga un rango inferior, una intensidad de señal celular más fuerte que hace que un nodo de relé determinado tenga un rango superior, una cantidad de interferencia celular mayor que hace que un nodo de relé tenga un rango inferior, una coincidencia entre el proveedor móvil del dispositivo inalámbrico originador y el proveedor móvil del nodo de pasarela que hace que el nodo de relé tenga un rango superior, una cantidad relativamente baja de energía almacenada en un nodo de relé que hace que el nodo de relé tenga un rango inferior, una conexión no celular relativamente sólida al nodo de relé del dispositivo originador que hace que el nodo de relé tenga un rango superior, una cantidad relativamente alta de interferencia no celular que hace que el nodo de relé tenga un rango inferior, y un precio superior pagado por el servicio celular por parte de un usuario del nodo de relé que hace que el nodo de relé tenga un rango inferior. Los coeficientes de ponderación se pueden determinar empíricamente o en base a modelos de diversas topologías y ejemplos de uso. En algunas realizaciones, los coeficientes de ponderación se pueden almacenar en la memoria del dispositivo inalámbrico originador y recuperarse de la memoria antes de realizar el paso 1016. Además, en algunas realizaciones, un operador de redes móviles puede actualizar los coeficientes de ponderación periódicamente para ajustar el funcionamiento de los dispositivos inalámbricos. Por ejemplo, un operador de redes móviles puede actualizar los coeficientes de ponderación en una región dada o alrededor de una estación base celular particular en previsión de o durante un evento que se espera que atraiga a un gran número de personas, por ejemplo durante un concierto o evento deportivo. Las actualizaciones pueden ajustar los coeficientes de ponderación, por ejemplo, para usar el espectro no celular más cuidadosamente, por ej. la magnitud de los coeficientes de ponderación asociados con la intensidad de la señal no celular y la interferencia no celular se puede aumentar, y la magnitud de los restantes coeficientes de ponderación se puede reducir. Las actualizaciones se pueden transmitir indirectamente en saltos múltiples o directamente a través de una conexión celular. En algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 1000 puede transmitir una señal al nodo de relé de más alto rango indicando a ese nodo de relé su selección.

A continuación, en la presente realización del proceso 1000, el dispositivo inalámbrico originador determina si hay datos disponibles para la transmisión o recepción, como se indica en el bloque 1018. La determinación se puede realizar basada en una memoria intermedia del dispositivo inalámbrico para almacenar datos para la transmisión o basada en la recepción de datos por una interfaz no celular del dispositivo inalámbrico desde, por ejemplo, uno de los nodos de relé, como el nodo de relé de más alto rango. Si la determinación del bloque 18 indica que no hay datos disponibles, el proceso 1000 vuelve al bloque 1012 en respuesta. De lo contrario, en la presente realización, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 1000 avanza al bloque 1020 y el dispositivo inalámbrico transmite datos hacia y recibe datos de una red móvil a través de una interfaz no celular del nodo de relé de más alto rango.

En algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 1000 puede ajustarse a los cambios en la topología de la red, por ej. si un nodo de relé es transportado a otra sala o fuera del rango. El dispositivo inalámbrico detectará un cambio, por ej. un deterioro, en el rango del dispositivo inalámbrico que resulta menos adecuado y, en respuesta, otro nodo de relé tendrá un rango superior, lo que puede provocar que el dispositivo inalámbrico que realiza el proceso 1000 deje de transmitir datos hacia o de recibir datos de la interfaz no celular del primer nodo de relé y comience a transmitir datos hacia o a recibir datos de la interfaz no celular del otro nodo de relé que ahora tiene un rango superior.

En algunas realizaciones, un nodo originador puede enviar datos a una estación base celular por la interfaz no celular del nodo originador, a través de un nodo de pasarela, de forma que los datos se presentan a la estación base celular como si procediesen directamente del nodo originador, por ej. a efectos de facturación, cifrado, autenticación, integridad y seguridad. En estas realizaciones, un nodo intermedio puede recibir datos para la estación base celular o la interfaz no celular del

nodo intermedio y retransmitir los datos por la interfaz no celular del nodo intermedio de forma que los datos se presenten a la estación base como si procediesen directamente del nodo originador, por ej. a efectos de facturación, cifrado, autenticación, integridad y seguridad. Un nodo de pasarela puede recibir datos para la estación base por la interfaz no celular del nodo de pasarela y reenviar los datos por la interfaz celular del nodo de pasarela de forma que los datos se presenten a la estación base como si procediesen directamente del nodo originador, por ej. a efectos de facturación, cifrado, autenticación, integridad y seguridad.

De forma similar, para los datos en enlace descendente en algunas realizaciones, un nodo originador puede recibir datos para sí mismo por su interfaz no celular, de forma que los datos se le presenten como si procediesen directamente de una estación base celular, por ej. a efectos de facturación, cifrado, autenticación, integridad y seguridad. Un nodo intermedio puede recibir datos para el nodo originador por la interfaz no celular del nodo intermedio y reenviar los datos por la interfaz no celular del nodo intermedio de forma que los datos se presenten al nodo originador como si procediesen directamente de la estación base

celular, por ej. a efectos de facturación, el cifrado, la autenticación, la integridad y la seguridad. Un nodo de pasarela puede recibir datos para el nodo originador por su interfaz celular y reenviar los datos por su interfaz no celular de forma que los datos se presenten al nodo originador como si procediesen directamente de la estación base celular, por ej. a efectos de facturación, el cifrado, la autenticación, la integridad y la seguridad.

5 Hay varias formas de que los frames de datos se presenten a un dispositivo originador o a una estación base celular como si procediesen de una estación base celular particular o de un dispositivo inalámbrico particular cuando los datos son enviados en multisaltos. Por ejemplo, algunas implementaciones del estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles) utilizan tarjetas SIM (Módulo de identidad del suscriptor). Las tarjetas SIM contienen información secreta que también está almacenada en las bases de datos de las redes
10 móviles. Cuando se comunican en multisaltos, saltando a dispositivos inalámbricos no fiables, los usuarios pueden querer cifrar sus comunicaciones de voz y datos. En algunas realizaciones, estos usuarios pueden confiar solo en sus propios dispositivos inalámbricos y en las estaciones base celulares.

A continuación se expone una forma segura de facilitar la comunicación indirecta entre un dispositivo inalámbrico y una estación base en multisaltos. El dispositivo inalámbrico (o el nodo originador) puede cifrar un frame de datos con la tarjeta SIM del nodo originador. En lugar de pasar el frame de datos cifrada a la fase posterior a que se haya realizado el cifrado de la SIM en el orden del protocolo de su propia interfaz celular, el dispositivo inalámbrico puede enviar el frame de datos vía interfaz no celular del dispositivo inalámbrico.
15

Cualquiera de los nodos intermedios de la trayectoria multisalto hasta las estaciones base celulares puede retransmitir el frame de datos cifrado utilizando las interfaces no celulares del nodo intermedio. El nodo de pasarela puede recibir entonces el frame de datos cifrado por su interfaz no celular e inyectar el frame de datos en la fase posterior a que se haya realizado el cifrado de la SIM en el orden del protocolo de la interfaz celular del nodo de pasarela. Cuando la estación base celular recibe el frame de datos cifrado del nodo de pasarela a través de la interfaz celular del nodo de pasarela, la estación base celular puede utilizar los datos secretos del nodo originador para descifrar el frame. No solo cabe esperar que esta implementación sea tan
20 segura como las comunicaciones celulares actuales de un salto, sino que también se cree que esta técnica permitirá a la central de conmutación móvil de la estación base celular facturar al nodo originador. Esta es una forma de que un nodo originador se presente tal cual a una estación base cuando se comunica indirectamente por multisaltos vía su interfaz no celular. En algunas realizaciones, esta técnica se puede ampliar para incorporar otros estándares celulares y no celulares.

30 Se espera que la aplicación de la presente realización en orden inverso proporcione otra forma segura de facilitar la comunicación indirecta entre un dispositivo inalámbrico y una estación base en multisaltos. La estación base puede cifrar un frame de datos con los datos de la tarjeta SIM del nodo originador almacenados en la base de datos de la red móvil y a continuación enviar el frame de datos por la interfaz celular de la estación base celular a la interfaz celular del nodo de pasarela. En lugar de pasar el frame de datos cifrado para que sea descifrado en el orden del protocolo de su propia interfaz celular, el nodo de pasarela podría transmitir el frame de datos cifrado hacia el nodo originador por la interfaz no celular del nodo de pasarela. Cualquiera de los nodos intermedios de la trayectoria multisalto hasta el nodo originador puede retransmitir el frame de datos cifrado utilizando las interfaces no celulares de los nodos intermedios. El nodo originador puede recibir el frame de datos por la interfaz no celular del nodo originador e inyectar el frame de datos en la fase anterior a que se haya realizado el descifrado de la SIM en el orden del protocolo de la interfaz celular del nodo originador. El nodo originador puede utilizar entonces las credenciales de su tarjeta SIM para descifrar el frame. Se espera que algunas realizaciones sean tan seguras como las comunicaciones celulares actuales de un salto y también se cree que estas realizaciones permitirán la facturación al nodo originador y la verificación de la autenticidad de la estación base celular al nodo originador. Por tanto, en
40 algunas realizaciones, la estación base celular puede presentarse tal cual a un nodo originador cuando se comunica directamente por multisaltos. Esta realización se puede ampliar para incorporar otros estándares celulares y no celulares.

Como se muestra en las Figuras 11 y 12, algunas realizaciones pueden realizar procesos para que el dispositivo inalámbrico de pasarela se presente a una red móvil como un dispositivo inalámbrico originador.

50 La Figura 11 ilustra una realización de un proceso 1110 antes de hacer que los datos en enlace descendentes transmitidos en una red híbrida celular/no celular multisalto se presenten a un nodo originador como si los datos en enlace descendente procediesen de una estación base celular, por ejemplo a efectos de seguridad, facturación, etc.

En esta realización, el proceso 1110 empieza cifrando los datos en enlace descendente con una clave de seguridad asociada con el dispositivo originador para formar datos en enlace descendente cifrados, como se indica en el bloque 1112. En algunas realizaciones, este cifrado puede ser realizado por una estación base celular u otro componente de una red móvil. La clave de seguridad puede estar asociada con el identificador del dispositivo originador almacenado en una base de datos del operador de la red móvil, por ejemplo. Los datos pueden ser cifrados con diversas técnicas, como algoritmos de cifrado A5, A8, A9, F5, F8, F9, 128-
60 EEA1, 128-EEA2, UEA1, o UEA2 para facilitar la facturación y seguridad.

A continuación, en la realización ilustrada, los datos en enlace descendente cifrados pueden ser transmitidos desde una estación base celular hasta una interfaz celular de un dispositivo móvil de retransmisión, por ej. un nodo de pasarela, como se indica en el bloque 1114. El dispositivo móvil retransmisor, en esta realización, es un dispositivo inalámbrico diferente del dispositivo inalámbrico originador. En algunas realizaciones, los datos cifrados pueden ser cifrados de nuevo en base a una clave de seguridad asociada al dispositivo móvil retransmisor por la estación base celular antes de la transmisión.

En la presente realización, los datos cifrados en enlace descendente pueden ser recibidos por la interfaz celular del dispositivo móvil retransmisor, como se indica en el bloque 1116. En algunas realizaciones en las que los datos transmitidos son cifrados dos veces, donde el segundo cifrado se realiza con la clave de seguridad asociada al dispositivo móvil retransmisor, los datos transmitidos pueden ser descifrados una vez por el dispositivo móvil retransmisor, devolviendo los datos a la codificación existente tras el primer cifrado basado en la clave de seguridad asociada al dispositivo originador.

A continuación, en la presente realización, el dispositivo móvil retransmisor puede transmitir los datos cifrados en enlace descendente desde una interfaz no celular del dispositivo móvil retransmisor a una interfaz no celular del dispositivo móvil originador, tal y como se indica en el bloque 18. En algunas realizaciones, el dispositivo móvil retransmisor puede transmitir los datos cifrados al dispositivo móvil originador a través de un nodo intermedio. El dispositivo móvil retransmisor también puede transmitir otros datos no cifrados al dispositivo originador a través de su interfaz no celular y el dispositivo móvil retransmisor, en algunas realizaciones, puede tratar estos flujos de datos de forma diferente. Por ejemplo, el dispositivo móvil retransmisor puede recibir un frame de datos para transmitirlos por su interfaz no celular y determinar si los datos ya están cifrados por la red móvil. Si los datos ya están cifrados, el dispositivo móvil retransmisor puede transmitir los datos sin un nuevo cifrado en respuesta. Si los datos todavía no están cifrados, el dispositivo móvil retransmisor puede cifrar los datos utilizando, por ej. un cifrado WEP, WPA o WPA2, antes de la transmisión por su interfaz no celular. Por tanto, en algunas realizaciones, el dispositivo móvil retransmisor puede ahorrar energía al no volver a cifrar los datos no celulares que ya están cifrados, aunque no todas las realizaciones utilizan esta técnica ni ofrecen este beneficio.

A continuación, la realización del proceso 1110 descrita avanza hasta el paso de descifrar, en el dispositivo móvil originador, los datos cifrados en enlace descendente con la clave de seguridad, como se indica en el bloque 1120. El descifrado puede incluir la formación de la clave de seguridad basada en los valores almacenados en la tarjeta SIM del dispositivo móvil originador.

Por último, en esta realización, el proceso 1110 incluye un paso de presentación de al menos una parte de los datos en enlace descendente a un usuario del dispositivo originador, como se indica en el bloque 1122. La presentación de los datos puede incluir la conversión de los datos en sonidos reproducidos a través de un altavoz del dispositivo móvil originador o en imágenes presentadas en una pantalla del dispositivo móvil originador.

La Figura 12 ilustra una realización de un proceso 1200 para hacer que los datos de enlace ascendente transmitidos en una red híbrida celular/no celular multisalto se presenten a una estación base celular como si los datos de enlace ascendente procediesen de un nodo originador, por ejemplo a efectos de seguridad, facturación, etc.

La realización ilustrada del proceso 1200 empieza con un paso de obtención, en un dispositivo móvil originador, de una clave de seguridad basada en un identificador de seguridad celular asociado con el dispositivo móvil originador, donde la clave de seguridad es recibida por una red móvil asociada con una estación base celular, como se indica en el bloque 1212. En algunas realizaciones, la clave de seguridad se puede formar basada en los datos almacenados en una tarjeta SIM del dispositivo móvil originador.

A continuación, en la presente realización, los datos en enlace ascendente a transmitir a la estación base celular pueden ser cifrados con el dispositivo móvil originador, utilizando la clave de seguridad para formar datos cifrados, como se indica en el bloque 1214. El cifrado puede adoptar diversas formas, incluyendo las anteriormente expuestas. A continuación, en la presente realización, los datos cifrados pueden ser transmitidos por una interfaz no celular del dispositivo móvil originador a una interfaz no celular de un dispositivo móvil retransmisor, como se indica en el bloque 1216. Por ejemplo, los datos pueden ser transmitidos a través de una interfaz WiFi u otra interfaz no celular anteriormente descrita. A continuación, en la presente realización, los datos cifrados pueden ser transmitidos por una interfaz celular del dispositivo móvil retransmisor a una estación base celular, como se indica en el bloque 1218. En algunas realizaciones, los datos cifrados transmitidos pueden ser nuevamente cifrados por el dispositivo móvil retransmisor, utilizando una clave de seguridad asociada al dispositivo móvil retransmisor. En algunas realizaciones, la estación base celular puede recibir los datos cifrados transmitidos por el dispositivo móvil retransmisor y descifrar los datos basados en la clave de seguridad asociada al dispositivo móvil originador. En realizaciones en las que el dispositivo móvil retransmisor vuelve a codificar los datos, la estación base celular puede realizar dos pasos de descifrado: un primer descifrado basado en la clave de seguridad asociada al dispositivo móvil retransmisor y un segundo descifrado basado en la clave de seguridad asociada al

dispositivo móvil originador. Un operador de red móvil puede responder a los datos descifrados, en parte, incrementando los datos de facturación y los datos de uso, por ejemplo con un contador que se utiliza para determinar si un usuario ha superado un límite de datos para un periodo determinado, como un mes.

5 Como en el proceso anteriormente descrito para los datos en enlace descendente, en algunas realizaciones un nodo intermedio puede determinar si los datos que transmite desde su interfaz no celular ya están cifrados para la red móvil. Si los datos están cifrados, en respuesta, el nodo intermedio puede ahorrar energía al no cifrar los datos, aunque no todas las realizaciones emplean esta técnica.

10 Los nodos originadores, los nodos intermedios y los nodos de pasarela pueden mantener rutas directas e indirectas adicionales a varias estaciones base celulares en un momento dado. Las rutas directas adicionales son rutas a estaciones base a través de la interfaz celular de un dispositivo inalámbrico. Las rutas indirectas adicionales son rutas a estaciones base a través de la interfaz no celular de un dispositivo inalámbrico. Los nodos originadores, nodos intermedios y nodos de pasarela pueden utilizar las rutas directas e indirectas adicionales para comunicar con las estaciones base cuando una ruta primaria a la estación base se considera insuficiente o rota. Las rutas directas e indirectas adicionales pueden servir de rutas de reserva. Aunque las rutas de reserva directas se contemplan en algunas técnicas existentes, no se cree que estas rutas de reserva proporcionen rutas de reserva indirectas ni una combinación de rutas de reserva directas e indirectas, algo que sí se contempla en algunas realizaciones de las arquitecturas celulares híbridas multisalto descritas en el presente documento. Aún más, algunas realizaciones almacenan y realizan cálculos previos de las rutas de reserva indirectas y directas en los nodos originadores, los nodos intermedios y los nodos de pasarela, de forma que estas rutas se pueden cambiar sobre la marcha, o de forma relativamente rápida, por ej. en menos de 10 milisegundos, para evitar o reducir las llamadas que se cortan y los retardos/inestabilidad de otras aplicaciones de reproducción de voz y vídeo. Por tanto, se espera que algunas realizaciones de las presentes invenciones mitiguen diversos problemas con determinadas redes móviles existentes, aunque no todas las realizaciones abordan estos problemas y ciertas realizaciones ofrecen otros beneficios.

25 En algunas realizaciones, las rutas de reserva también pueden proporcionar una redundancia de rutas, lo que puede resultar útil para aplicaciones comerciales y de defensa. Las rutas de reserva también pueden proporcionar redundancia de señales inalámbricas, en ciertas realizaciones, facilitando potencialmente el servicio celular en áreas en las que ninguna otra arquitectura de un salto o multisalto puede ofrecer este servicio. Por ejemplo, en un tren que se desplaza por el país en el que la cobertura celular para cualquier dispositivo no es suficiente para facilitar una sola

30 voz, combinando los anchos de banda que se pueden asignar a unos pocos dispositivos utilizando multisaltos, las realizaciones pueden facilitar una sola llamada de voz que anteriormente no resultaba posible, aunque no todas las realizaciones están orientadas a este fin. Por otra parte, la redundancia de señales inalámbricas adicionales también puede permitir que la llamada de voz de este ejemplo sea más sólida. Los principios de las presentes invenciones pueden facilitar y utilizar rutas de reserva, donde estas rutas ayudan a los consumidores a mejorar la experiencia del usuario reduciendo las llamadas que se cortan y mejorando la conectividad fluida. Cuando una o más rutas principales fallan, una o más rutas de reserva se pueden convertir en las rutas principales.

40 Una amplia variedad de dispositivos inalámbricos se comunican con estaciones base celulares y el número de estos dispositivos crece muy rápidamente. Las redes móviles de un salto existentes y futuras no pueden soportar la creciente demanda de una mejor cobertura y capacidad. Sin embargo, dado que el número de dispositivos crece rápidamente, los numerosos dispositivos pueden utilizar el sistema celular de forma más eficiente para satisfacer su demanda de una mejor cobertura y capacidad. Una de las formas en las que los dispositivos hacen un uso relativamente eficiente de los recursos del sistema celular consiste en emplear realizaciones multisalto cuando se considera beneficioso. En estas realizaciones, cada dispositivo puede decidir por sí mismo si desea participar en multisaltos entre dispositivos para funcionar correctamente.

50 Un rígido control centralizado de una red móvil multisalto, como el que se describe en los ejemplos de la técnica previa, reduce el rendimiento de los dispositivos individuales. Esto se debe a que un controlador centralizado no puede saber todo sobre todos los dispositivos inalámbricos en todo momento sin incurrir en un enorme volumen de gastos. Los propios gastos de transmitir esta información consumen recursos y espectro inalámbrico del sistema celular. Por tanto, un rígido control centralizado de las decisiones de salto afectará negativamente al rendimiento de los sistemas celulares multisalto. Por el contrario, ciertas realizaciones de las presentes invenciones facilitan un sistema celular multisalto en el que el rígido control centralizado se extiende únicamente a las interfaces celulares de los dispositivos que se comunican con una estación base celular a través de sus interfaces celulares. Dependiendo de sus necesidades, situaciones y entornos, los propios dispositivos inalámbricos toman decisiones de salto entre dispositivos de manera descentralizada. Un dispositivo inalámbrico puede recibir cierta ayuda de la estación base a la hora de tomar decisiones de salto, pero esto no es necesario.

60 Otras técnicas distintas de las anteriormente expuestas se pueden utilizar para facilitar los sistemas celulares multisalto o con otros fines. El espectro inalámbrico es escaso, en parte porque los gobiernos de todo el

mundo poseen o asignan el espectro inalámbrico. Típicamente los gobiernos licitan lentamente el espectro inalámbrico para el uso por redes de sistemas celulares. La tecnología inalámbrica multisalto ayuda a los dispositivos a sacar máximo partido del espectro inalámbrico utilizado por las estaciones base celulares. Utilizando ciertas realizaciones de esta tecnología, los dispositivos que tienen una buena señal de las estaciones base pueden a menudo ser aquellos que hablarán con las estaciones base utilizando sus interfaces celulares. Los dispositivos que tienen una buena señal de las estaciones base pueden utilizar programas de modulación más complicados y también necesitarán menos redundancia de corrección de errores. De este modo, el espectro inalámbrico empleado por las estaciones base se puede utilizar más agresivamente para enviar datos útiles.

5

10

15

20

25

El espectro inalámbrico es un recurso compartido y, por tanto, a menudo se necesitan mecanismos para mediar en el acceso al canal inalámbrico compartido. Por lo general, los dispositivos inalámbricos y las estaciones base necesitan establecer un programa de acceso a los medios para minimizar colisiones y maximizar el rendimiento del sistema. En algunos sistemas tradicionales, la interfaz celular de un dispositivo inalámbrico está estrechamente controlada por una estación base celular. Este rígido control permite a la estación base mediar en el acceso al espectro inalámbrico compartido, empleando técnicas como el acceso múltiple por división de frecuencia, acceso múltiple por división de tiempo, acceso múltiple por división de código, acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, etc. (lo que no sugiere que las realizaciones descritas en el presente documento no se puedan utilizar con estas técnicas). En algunas realizaciones, los dispositivos inalámbricos que ven beneficios del uso del multisalto para hablar indirectamente con estaciones base a través de sus interfaces no celulares también pueden necesitar un control de acceso a los medios. Las técnicas de acceso múltiple tradicionales también se pueden utilizar para mediar en el canal de acceso para el multisalto entre pares o entre dispositivos. Sin embargo, algunas técnicas de acceso múltiple tradicionales necesitan un estricto control de una autoridad centralizada (por ej. una estación base celular) o necesitan un intercambio de datos adicional para establecer el programa de acceso de medios entre los dispositivos.

30

35

Como se ha expuesto anteriormente, cabe esperar que un sistema celular multisalto que controla estrictamente todas las decisiones de salto entre dispositivos no se pueda ampliar y que no sea capaz de tener en cuenta toda la información relevante sobre los dispositivos para los que toma las decisiones. Por el contrario, en ciertas realizaciones anteriormente descritas de una red híbrida celular/no celular multisalto, las estaciones base celulares controlan estrechamente las interfaces celulares de los dispositivos y las estaciones base celulares solo tienen un ligero control o ningún control sobre las interfaces no celulares de los otros dispositivos inalámbricos. Como ejemplo de ligero control, en algunas realizaciones, las estaciones base pueden ayudar opcionalmente a las interfaces no celulares de los dispositivos, lo que no sugiere que cualquier otra característica o paso descrito en el presente no sea también opcional. Sin embargo, en algunas de las realizaciones descritas en el presente documento de sistemas híbridos celulares/no celulares multisalto, los sistemas pueden emplear algunas técnicas de acceso múltiple tradicionales. El uso de estas técnicas de acceso múltiple tradicionales puede generar algunos gastos por ayudar ligeramente a los dispositivos a coordinar entre ellos el acceso a los medios.

40

Sin embargo, las técnicas que pueden ayudar a coordinar el acceso a los medios sin incurrir en gastos excesivos también se divulgan en el presente documento.

45

50

Las redes inalámbricas se benefician de un uso parco del espectro. El ahorro de espectro es particularmente útil en las redes inalámbricas no celulares multisalto, dado que cabe esperar que estas redes, tal como están las cosas, consuman más cantidad del espectro disponible cerca de una ubicación determinada en comparación con redes inalámbricas no celulares que no participan en intercambios de datos multisalto, dado que ese espectro puede ser consumido tanto por escenarios de casos convencionales como por usos multisalto. El uso prudente del espectro también está ganando importancia en los tipos de usos tradicionales de las redes no celulares, por ej. en redes que no transmiten señales no celulares multisalto, dado que el número de dispositivos que usan el espectro disponible ha tendido a aumentar en los últimos años, particularmente teniendo en cuenta que los teléfonos móviles ya incluyen con frecuencia interfaces no celulares. Se espera que esta tendencia continúe, con lo que el espectro para la comunicación inalámbrica no celular será todavía más escaso en el futuro.

55

60

Se cree que determinadas realizaciones descritas en el presente utilizan el espectro disponible para redes no celulares de forma relativamente eficiente, entre otras cosas, al programar las horas a las que los diversos dispositivos inalámbricos de una red inalámbrica no celular transmite señales, de forma que 1) en algunas realizaciones, múltiples dispositivos de la red reutilizan el mismo espectro o un espectro solapado aproximadamente al mismo tiempo al transmitir en paralelo; y 2) en algunas realizaciones, se reserva relativamente poco tiempo entre transmisiones que esperan a que otros dispositivos transmitan en una parte dada del espectro. Por otra parte, algunas realizaciones programan transmisiones de forma distribuida sin un dispositivo principal que dicte la hora precisa a la que transmitirá cada participante de la red, proporcionando así potencialmente una red más o menos resistente al fallo o la ausencia de cualquier dispositivo individual. Sin embargo, las técnicas descritas en el presente no se limitan a realizaciones que proporcionan todos estos

beneficios, dado que algunas realizaciones ofrecen uno o ninguno de estos beneficios. En efecto, los sistemas no celulares multisalto se pueden implementar sin utilizar las técnicas siguientes, aunque estas técnicas se cree que mejoran el rendimiento tanto de las redes no celulares multisalto como de las redes no celulares en general.

5 La Figura 13 ilustra un ejemplo de una red inalámbrica no celular 1310 que transmite datos entre dispositivos inalámbricos 1312, 1314, y 1316. En esta realización, cada dispositivo inalámbrico 1312, 1314 y 1316 tiene un programador 1318 que se cree que mitiga las colisiones con unos gastos temporales relativamente pequeños y sin coordinación centralizada de los programadores 1318. A tal efecto, los programadores 1318 pueden utilizar las dos técnicas que se divulgan más abajo, de forma alternativa o coordinada.

10 En primer lugar, como se explica más abajo, los programadores 1318 pueden, en algunas realizaciones, coordinarse entre sí, por ej. controlando cada uno las transmisiones del otro o intercambiando señales para los fines de la programación, a fin de determinar 1) un número de ranuras de tiempo para la transmisión; 2) qué dispositivos utilizarán cada ranura de tiempo o 3) tanto el número de ranuras de tiempo como el dispositivo que utilizará cada ranura de tiempo. Por otra parte, en algunas realizaciones esta coordinación puede ocurrir sin que un único dispositivo principal asigne un programa para cada dispositivo 1312, 1314 y 1316 en la red 1310. En segundo lugar, en algunas realizaciones que se describen a continuación, los programadores 1318 pueden utilizar un programa diferente para las transmisiones de determinados dispositivos con relación al programa de transmisiones de esos dispositivos, por ej. en un subconjunto de los dispositivos 1312, 1314 y 1316 la transmisión y la recepción pueden tener programas asimétricos. Por ejemplo, algunas de estas realizaciones pueden implementar programas que favorecen las transmisiones en una u otra dirección en base a patrones de uso, por ej. grandes archivos multimedia que se mueven en una dirección frente a solicitudes relativamente breves de datos adicionales que se mueven en la otra, y en la topología de la red, por ej. un único dispositivo o relativamente pocos dispositivos que actúan como conducto para el flujo de datos a una pluralidad de otros dispositivos. Por otra parte, algunas realizaciones pueden ajustar dinámicamente el grado al que las transmisiones en una dirección u otra se ven favorecidas en base a los cambios en el tráfico y la topología de la red. Implementando estas técnicas, de forma alternativa o combinada, se espera que las realizaciones hagan un uso relativamente eficiente del espectro disponible.

30 Durante el funcionamiento, los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 pueden transmitir y recibir datos entre ellos a través de señales transmitidas de forma inalámbrica. Los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 pueden estar ubicados dentro del mismo espacio inalámbrico de forma que las transmisiones de un dispositivo 1312, 1314 o 1316 se reciben en los otros dispositivos 1312, 1314 o 1316 con un poder de transmisión seleccionado según un protocolo para la red inalámbrica 12, por ej. uno de los protocolos 802.11, uno de los protocolos de Bluetooth, uno de los protocolos de Zigbee, etc. En la realización ilustrada, los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 pueden compartir espectro, por ej. las transmisiones simultáneas por dos de los dispositivos inalámbricos (como los dispositivos inalámbricos 1312 y 1314) interferirían entre sí y potencialmente imposibilitarían al tercer dispositivo (como el dispositivo inalámbrico 1316) resolver las señales transmitidas por esas transmisiones simultáneas. Por consiguiente, en algunas realizaciones, los programadores 18 de cada uno de los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 pueden planear las transmisiones desde cada uno de los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 para evitar transmisiones simultáneas o para evitar transmisiones simultáneas por pares de dispositivos 1312, 1314 y 1316 que se encuentran inalámbricamente tan cerca entre ellos que resulta difícil resolver los datos obtenidos por las transmisiones en un tercer dispositivo. Estas transmisiones simultáneas que hacen que las señales resulten difíciles de resolver se denominan «colisiones» y en algunas realizaciones una función de los programadores ilustrados 1318 consiste en evitar o mitigar los efectos de las colisiones.

45 Los programadores 1318 pueden estar configurados para coordinarse entre ellos de forma distribuida. En algunas realizaciones, cada uno de los programadores 1318 puede estar configurado para ejecutar el mismo o aproximadamente el mismo protocolo de programación y cada uno puede emplear el mismo proceso o uno similar para llegar a un programa para la transmisión por los dispositivos 1312, 1314 o 1316 asociados con el programador 1318. A través de la coordinación, cuyos ejemplos se describen más abajo, se puede obtener un programa para la transmisión en la red 1310. Por ejemplo, cada programador 1318 puede estar configurado para obtener datos sobre el funcionamiento de otros programadores 1318 dentro de la misma red inalámbrica 1310 y seleccionar el programa para el dispositivo inalámbrico 1312, 1314 o 1316 o dar instrucciones al dispositivo inalámbrico asociado 1312, 1314 o 1316 para que transmita una señal que solicite a los demás programadores 1318 que modifiquen su programa para la transmisión, o ambas opciones. Más abajo se describen ejemplos específicos de la selección de programas y las solicitudes de modificación.

60 Algunas redes inalámbricas no celulares según las presentes técnicas transmiten datos en frames, o series de datos, incluyendo metadatos como información de cabecera, que se envía en una ráfaga de transmisiones generalmente consecutivas de bits y cuya recepción se valora a menudo en el dispositivo receptor frame por frame. Los frames pueden cumplir diferentes funciones, como un frame de gestión, un frame de control o un frame de carga, y los frames pueden incluir información del cabecera e información sobre el comando o la carga asociada, por ejemplo.

Una vez que se transmite cada frame o cuando se han transmitido ciertos frames, los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 pueden pausar la transmisión durante un periodo de tiempo y detectar si otro dispositivo inalámbrico comienza a transmitir en el mismo espectro o en un espectro que se solapa. La duración de la pausa de la transmisión se puede definir por un protocolo de comunicación de datos inalámbricos, como uno de los protocolos anteriormente mencionados, o se puede seleccionar según una de las técnicas que se describen más abajo. Si otro dispositivo comienza a transmitir durante la pausa de transmisión, el primer dispositivo inalámbrico puede dejar que otro dispositivo termine de transmitir antes de intentar transmitir un frame posterior. La duración del periodo que transcurre después de que se transmita un frame y antes de que un dispositivo inalámbrico transmita el siguiente frame se denomina 'espacio entre frames' o IFS.

La duración del IFS en algunas realizaciones se puede dividir en subperiodos que se reservan para diversos tipos de transmisiones por los dispositivos de la red inalámbrica 1310. En estas realizaciones, a los tipos de transmisiones de mayor prioridad o sensibles a una mayor latencia se les asigna generalmente un intervalo o ventana temporal que se produce antes en el espacio entre frames. Si dentro de una ranura de tiempo del IFS todavía hay espectro disponible, es decir otro dispositivo no transmite en el mismo espectro, entonces en respuesta, si dispone de señal para transmitir, un dispositivo inalámbrico puede transmitir su señal asociada con esa ranura de tiempo. Por ejemplo, como se muestra en la realización de la Figura 2, una duración de IFS corto (SIFS) separa los frames de control, por ej. RTS, CTS y ACK, del frame anteriormente transmitido; una duración de IFS más largo (PIFS) separa los frames de gestión de mayor prioridad de los frames anteriormente transmitidos; un IFS de frame de solicitud (QIFS) separa los frames de solicitud de el frame anterior; y una duración de IFS distribuido (DIFS) separa los frames anteriormente transmitidos de los frames de datos posteriores. Por tanto, en algunas realizaciones, el medio inalámbrico puede ser multiplexado por división en el tiempo según la función de las señales en la red inalámbrica.

Como se muestra en el diagrama de tiempos de la Figura 14, el dispositivo inalámbrico N1 puede transmitir al dispositivo N2 un frame de datos 1412, cuya finalización marca el comienzo de un espacio entre frames 1418. Tras la duración SIFS, el dispositivo inalámbrico N2 puede transmitir una señal de reconocimiento (ACK) 1414 al dispositivo inalámbrico N1, indicando la recepción del frame de datos 1412. Por tanto, en este ejemplo, cuando han transcurrido las partes restantes del IFS 1418, el dispositivo inalámbrico N1 transmite la siguiente frame de datos 1416. Sin embargo, durante la siguiente IFS 1420, tras el segundo frame de datos 1416, el dispositivo inalámbrico N3 toma el control del medio transmitiendo el frame 1422, dando prioridad a la transmisión de un tercer frame de datos por parte del dispositivo inalámbrico N1 y marcando el comienzo de otro IFS.

En algunas realizaciones, el DIFS es la última parte del IFS y la duración del DIFS es diferente para cada dispositivo inalámbrico (o para la mayoría de los dispositivos inalámbricos la mayor parte del tiempo) con el fin de proporcionar diferentes ranuras de tiempo para que cada uno de los dispositivos inalámbricos de la red inalámbrica use el medio disponible, por ej. para transmitir un frame de datos. En ciertos sistemas, la duración del DIFS puede incluir tanto una duración de base como una duración que varíe de acuerdo con un protocolo. La variación del DIFS se puede cuantificar como un número entero múltiplo de una unidad de tiempo denominada minirranura temporal (MST) y el múltiplo entero se puede seleccionar según un protocolo que tiende a causar que cada uno de los dispositivos inalámbricos de la red inalámbrica tenga un múltiplo entero diferente del MST. Por tanto, cada dispositivo tiene potencialmente una ranura única (o rara vez compartida) de al menos una MST larga dentro del DIFS en la que comenzar la transmisión y tomar el control del medio.

Un protocolo para seleccionar un múltiplo entero de la MST que constituya parte del DIFS de un dispositivo dado se denomina «programa de retardo exponencial aleatorio» o (programa ERB). Un ejemplo se muestra en el diagrama de tiempos de la Figura 15. Cuando un dispositivo inalámbrico tiene un frame de datos que transmitir, el algoritmo ERB se utiliza para elegir un número aleatorio o pseudoaleatorio. Una vez que se ha terminado de transmitir el frame anterior 1512, por ej. por otro dispositivo inalámbrico, el dispositivo inalámbrico que tiene el frame para transmitir espera hasta que su periodo de base DIFS 1514 termina y entonces comienza una cuenta atrás desde el número aleatorio o pseudoaleatorio, restando uno cada vez que transcurre una MST 1516. Si otro dispositivo inalámbrico comienza a transmitir y toma el control de los medios antes de que se haya completado la cuenta atrás, esta continúa durante el siguiente periodo DIFS. Cuando la cuenta atrás llega a cero, se transmite el frame en espera. Al asignar DIFS en base a un número aleatorio o pseudoaleatorio, es relativamente improbable que dos dispositivos inalámbricos vayan a causar una colisión por transmitir al mismo tiempo, entendiendo que la serie de números aleatorios es relativamente grande para el número de dispositivos inalámbricos previstos que comparten el medio, por ej. una ratio de más de 10, 50 o 100, dado que es improbable que los dos dispositivos seleccionen el mismo número. Y si se produce una colisión, los dispositivos que colisionan pueden seleccionar un nuevo número aleatorio o pseudoaleatorio de una serie de números mayor y repetir la cuenta atrás anteriormente descrita. Se dice que los sistemas en los que el programador 1318 selecciona DIFS basados en un número aleatorio o pseudoaleatorio tienen programas no deterministas. Por tanto, en este ejemplo, sin un control centralizado que programe los tiempos de transmisión, las colisiones se mitigan con un programa no determinista.

Mientras que los programas ERB pueden mitigar las colisiones sin un control centralizado de los programas para los dispositivos de la red inalámbrica, estos programas tienen algunos inconvenientes. Los programas ERB dejan los dispositivos inalámbricos y el medio inalámbrico inactivos, mientras esperan a que otros dispositivos transmitan durante el DIFS. Y este tiempo no utilizado se amplía potencialmente en caso de una colisión. Por otra parte, dado que las ranuras de tiempo del DIFS para que cada dispositivo transmita son aleatorias y pseudoaleatorias, en algunas realizaciones que tienen programas no deterministas se pierden oportunidades de transmitir potencialmente en paralelo. La transmisión en paralelo, o concurrente, podría ser realizada por dispositivos inalámbricos que están inalámbricamente tan separados entre sí que sus señales, a pesar de que interfieren en cierta medida, se pueden resolver en diferentes dispositivos receptores. Sin embargo, esto es difícil de coordinar cuando los tiempos de transmisión se seleccionan en base a un número aleatorio o pseudoaleatorio, dado que es poco probable que los dispositivos con suficiente distancia inalámbrica entre sí seleccionen el mismo DIFS.

Los programadores 1318 de la Figura 13, en algunas realizaciones, pueden ser programadores deterministas distribuidos, por ej. los programadores 1318 pueden, sin un controlador centralizado que asigne aspectos de sus programas, llegar a un programa para la transmisión inalámbrica en la red 1310 que asigne ranuras de tiempo de transmisión no aleatorias (ni pseudoaleatorias) a cada uno de los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316. Por ejemplo, cada uno de los programadores 1318 puede seleccionar un IFS para su dispositivo inalámbrico asociado 1312, 1314 y 1316, y ese IFS puede ser 1) diferente del IFS de otros dispositivos inalámbricos para dispositivos inalámbricos que están inalámbricamente lo bastante cerca entre ellos como para causar colisiones no solucionables; 2) seleccionado entre un pequeño conjunto de ranuras de tiempo en relación con el número de dispositivos inalámbricos de la red inalámbrica 1310, por ej. menos de una ratio de 1,5 ranuras de tiempo por dispositivo, 2 ranuras de tiempo por dispositivo, 4 ranuras de tiempo por dispositivo, o 1310 ranuras de tiempo por dispositivo; y 3) predecible para los demás dispositivos inalámbricos, por ej. la misma ranura de tiempo puede ser utilizada por un programador 1318 indefinidamente o hasta que cambie el tráfico o la topología de la red.

La Figura 15 ilustra un ejemplo de programa determinista para la red 1310 de la Figura 11. El programa ilustrado tiene cuatro ranuras de tiempo para diferentes duraciones de IFS, tres de las cuales son seleccionadas cada una de ellas por los programadores 1318 de la Figura 13. por ej. el programador 1318 del dispositivo inalámbrico 1312 puede seleccionar la ranura de tiempo D1, el dispositivo inalámbrico 1314 la D2 y el dispositivo inalámbrico 1316 la D3. Las ranuras D1-D4 pueden tener aproximadamente la misma duración, por ej. una MST y en este ejemplo el número de ranuras, cuatro, es un múltiplo relativamente pequeño del número de dispositivos, por ej. menos de dos en ese ejemplo. Por tanto, el IFS medio es relativamente pequeño en comparación con un sistema que utiliza un programa ERB, que típicamente tiene un número relativamente grande de ranuras para reducir la probabilidad de que dos dispositivos seleccionen la misma ranura. Otras realizaciones pueden tener más o menos ranuras de tiempo, por ej. la ratio de dispositivos inalámbricos respecto de las ranuras de tiempo puede ser menor de cuatro, ocho o diez. Como en los ejemplos anteriores, cada programador 1318 puede esperar a transmitir un frame de datos hasta su ranura IFS D1-D4 seleccionada después del periodo base DIFS 1514 una vez que finaliza la transmisión del frame anterior 1512, suponiendo que otro dispositivo inalámbrico con una ranura anterior D1-D4 no haya comenzado ya a transmitir un frame de datos.

Los programadores 1318 de la Figura 13 pueden seleccionar entre las ranuras de tiempo D1-D4 en el programa de la Figura 15 sin control centralizado, por ej. de forma ad-hoc sin ningún dispositivo que dicte a qué dispositivo se debería asignar cada ranura de tiempo. Para coordinar y evitar que los dispositivos seleccionen la misma ranura de tiempo de forma no intencionada, los dispositivos inalámbricos 1318 pueden transmitir señales codificadas con información sobre la ranura que se selecciona, observar el IFS de otros dispositivos por un periodo antes de seleccionar una ranura, o una combinación de estos métodos.

Por ejemplo, los dispositivos inalámbricos 1312, 1314, y 1316 pueden emitir cada uno una señal de estado del programa, por ej. una baliza que indica la ranura de tiempo que ha seleccionado el programador de ese dispositivo. La señal de estado del programa puede codificar un indicador de selección de ranura, por ej. en el caso de la Figura 4 una señal de dos bits, con cada combinación de los dos bits —00, 01, 10 y 11— correspondiente a una de las cuatro ranuras de tiempo ilustradas. Otras realizaciones pueden tener más bits para más ranuras de tiempo. La señal de estado del programa puede ser emitida a una potencia superior, a una velocidad de datos menor, con más cantidad de bits de corrección de errores, o una combinación de estas opciones, en comparación con otras señales, por ej. frames de datos, a fin de aumentar la probabilidad de que la información codificada en la señal de estado del programa llegue a dispositivos inalámbricos relativamente distantes. Los programadores 1318 pueden iniciar la transmisión de una señal de estado del programa periódicamente, por ej. un periodo de menos de 100 milisegundos, menos de 10 milisegundos o menos de un segundo, dependiendo de los gastos aceptables y de la capacidad de respuesta esperada de un dispositivo inalámbrico que acaba de llegar a la red inalámbrica 1310 de la Figura 13. Los tiempos de las señales de estado del programa pueden incluir una cuenta atrás aleatoria o pseudoaleatoria para reducir la probabilidad de colisiones repetidas de las señales de estado inalámbrico. Otra información de la señal de estado del programa puede incluir la dirección MAC del dispositivo emisor, la duración del periodo entre

transmisiones de la señal de estado del programa, que puede ser utilizada por otros dispositivos que entran en modo de ahorro de energía para saber cuándo reactivarse para las posteriores balizas; un sello de tiempo indicando la hora actual del dispositivo inalámbrico emisor, que puede ser utilizada por otros dispositivos para ajustar sus relojes de forma que reflejen la hora que aparece en la señal de estado del programa recibida; e información sobre las capacidades del equipo emisor, como asistencia para cifrado, transmisiones de datos soportadas o velocidades de recepción. Las señales de estado del programa puede ser emitidas relativamente pronto en la duración IFS a fin de aumentar la probabilidad de que su emisión no sea impedida por otras transmisiones, por ej. las señales de estado del programa se pueden transmitir durante el PIFS, después del SIFS y antes del QIFS o DIFS. Los programadores 1318 de cada uno de los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 pueden recopilar la información, o un subconjunto de la información, codificada en la señal de estado del programa, y una interfaz no celular, como una de las descritas anteriormente, puede emitir la señal.

Los demás dispositivos inalámbricos 1312, 1314 o 1316 pueden recibir la señal de estado del programa emitida a través de su interfaz no celular y registrar la información codificada en la memoria. En algunas realizaciones, uno o más de los restantes dispositivos inalámbricos 1312, 1314 o 1316 puede estar en modo de espera, o en modo de bajo consumo, en los que partes del dispositivos están desactivadas o se impide que consuman energía. Si estos dispositivos han recibido previamente una señal de estado del programa, disponen de información sobre el periodo entre señales de estado del programa del dispositivo emisor almacenada en la memoria y pueden realizar una cuenta atrás desde la anterior señal de estado del programa para identificar aproximadamente cuándo se emitirá la próxima señal de estado del programa, en cuyo punto, el dispositivo receptor puede reactivarse o entrar en modo de alto consumo de energía, para recibir la siguiente señal de estado del programa. Como se describe más abajo, cada programador 18 puede recuperar de la memoria de su dispositivo asociado información transmitida por las señales de estado del programa para seleccionar una duración IFS, por ej. una de las ranuras de tiempo D1-D4, para el dispositivo asociado.

En otras realizaciones, no se emite una señal de estado inalámbrico, y los programadores 1318 de los dispositivos inalámbricos 1312, 1314, y 1316 infieren los IFS de los dispositivos. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 1312 puede medir la duración entre el final de un frame de datos transmitido por el dispositivo inalámbrico 1314 al dispositivo inalámbrico 1316 y el comienzo del siguiente frame de datos enviado entre los dispositivos para identificar el IFS del dispositivo inalámbrico 1312. Una observación similar se puede utilizar para comprobar los valores IFS de cada uno de los dispositivos inalámbricos de la red 1310. En algunas realizaciones, los valores IFS observados pueden ser almacenados en la memoria del dispositivo que realiza la observación.

En la realización ilustrada, los programadores 1318 de cada dispositivo inalámbrico pueden seleccionar una duración IFS para ese dispositivo inalámbrico, basado en las duraciones IFS observadas de otros dispositivos o emitidas en una señal de estado del programa de otros dispositivos. Por ejemplo, para seleccionar una duración IFS, los programadores 1318 pueden recuperar de la memoria las duraciones IFS más recientes de cada uno de los demás dispositivos inalámbricos de la red 1310 y recuperar de la memoria el número de ranuras de tiempo, por ej. D1-D4 en la Figura 15, para la transmisión de frames de datos. A continuación, los programadores 1318 pueden comparar las ranuras de tiempo con los valores IFS recuperados de la memoria e identificar las ranuras de tiempo que no se usan por otros dispositivos inalámbricos de la red inalámbrica 1310. En base a esta comparación, los programadores 18 pueden seleccionar cada uno de ellos una ranura de tiempo para el dispositivo inalámbrico 1312, 1314 o 1316 que tiene ese programador 1318, y el dispositivo inalámbrico puede esperar una duración IFS que se prolonga durante la ranura de tiempo seleccionada entre transmisiones de frames de datos. En algunas realizaciones, los programadores 1318 pueden seleccionar la primera ranura de tiempo no utilizada. Los programadores 1318 pueden continuar reutilizando la ranura de tiempo seleccionada de forma indefinida, por ej. hasta que la topología o el tráfico de la red cambie sustancialmente. Como resultado, en ciertas realizaciones, cada programador 1318 puede establecer un programa determinista para la transmisión de frames de datos, y cada programador 1318 puede tener en memoria los valores IFS seleccionados por los otros programadores 1318 de la red inalámbrica 1310.

En algunas realizaciones, los programadores 1318 pueden seleccionar una ranura de tiempo que ya está siendo utilizada por otro dispositivo inalámbrico 1312, 1314 o 1316, causando así potencialmente que dos dispositivos transmitan datos al mismo tiempo. Los programadores 1318 pueden, por ejemplo, seleccionar una ranura ocupada por otro dispositivo inalámbrico que está a una distancia inalámbrica relativamente grande, por ej. las señales entre dispositivos están atenuadas por la distancia geométrica o por estructuras intermedias, como paredes. Un ejemplo de un proceso de programación 1610 que puede causar que los dispositivos inalámbricos compartan ranuras de tiempo se ilustra en la Figura 16, que recoge un ejemplo de un método para seleccionar una duración IFS con un programador determinista. El proceso 1610 puede ser realizado por el programador anteriormente descrito 1318 de un dispositivo inalámbrico, o por orden del mismo, por ejemplo, y cada dispositivo inalámbrico de una red inalámbrica, por ej. una red no celular, puede realizar el proceso de la Figura 16.

- Como se muestra en el paso 1612 de la Figura 16, el proceso de programación de esta realización incluye un paso de obtención de la duración IFS, por ej. un valor indicativo de la duración IFS, de uno o más dispositivos inalámbricos. La obtención de las duraciones IFS puede incluir la recepción de señales de estado del programa de otros dispositivos o la observación de la duración IFS utilizada por los otros dispositivos. En algunas realizaciones, el número de ranuras de tiempo disponibles también puede ser recibido en la señal de estado del programador u observado, por ej. observando los intervalos entre ranuras de duración IFS utilizadas, y almacenado en memoria. Cada duración IFS obtenida puede ser almacenada en memoria y asociada con un identificador del dispositivo inalámbrico que utiliza esa duración IFS, por ej. en una fila de una tabla o como atributos de un objeto.
- Como se muestra en el paso 1614, en algunas realizaciones, cada uno de los dispositivos inalámbricos 1312, 1314 y 1316 (de la Figura 13) puede detectar, por ej. a través de su interfaz no celular, la intensidad de señales no celulares recibidas de otros dispositivos inalámbricos 1312, 1314 o 1316 y almacenar un valor de intensidad de señal indicativo de esa intensidad de señal percibida en la memoria, de forma que ese valor de intensidad de señal esté asociado con la duración IFS utilizada por el dispositivo caracterizado por el valor de intensidad de la señal, como se muestra en el paso 46. Por ejemplo, el programador 1318 del dispositivo inalámbrico 1312 puede almacenar en una tabla o en otra base de datos o en forma de atributos de un objeto la dirección MAC, el valor de intensidad de señal y la duración IFS para cada uno de los dispositivos inalámbricos 1314 y 1316. La intensidad de la señal percibida es la intensidad de las señales de otros dispositivos inalámbricos recibidas en un dispositivo inalámbrico que realiza los pasos del proceso 1614.
- A continuación, en la presente realización, se produce un paso 1616 en el que se determina si alguna de las ranuras de duración IFS no está siendo utilizada por los otros dispositivos inalámbricos. Este paso puede incluir recuperar de la memoria las duraciones IFS obtenidas en uso y recuperar de la memoria un número de ranuras de tiempo disponibles en ese momento. Si hay una ranura de tiempo no utilizada disponible, en respuesta el proceso 1600 avanza al paso marcado 1618 y se selecciona una de las ranuras de duración IFS no utilizadas. Si no hay ninguna ranura de tiempo no utilizada disponible, en respuesta el proceso 1600 avanza al paso marcado 1620. En algunas realizaciones, el paso de decisión 1616 se puede realizar antes del paso marcado 1614 y el paso marcado 1614 se puede insertar entre el resultado «no» del paso marcado 1616 y el paso marcado 1620.
- En el paso 1620, el proceso 1600 determina si alguno de los valores obtenidos indicativos de una intensidad de señal percibida indica que alguna de las intensidades de señal percibidas es inferior a un umbral. En algunas realizaciones, el umbral puede ser una amplitud de la intensidad de la señal. En otras realizaciones, el umbral y los valores percibidos pueden ser una ratio entre señal/ruido o una combinación de ratio señal/ruido e intensidad de señal, por ej. un valor agregado, o cada valor se puede comparar con un umbral diferente para determinar si el valor es inferior al correspondiente umbral. Si la respuesta al paso 1620 es afirmativa, en respuesta el proceso 1600 avanza al paso marcado 1622 y se selecciona la ranura de duración IFS utilizada por el otro dispositivo inalámbrico que tiene la intensidad de señal percibida más baja, causando así que tanto el dispositivo que realiza el proceso 1600 como el dispositivo inalámbrico que tiene la intensidad de señal percibida más baja compartan la misma ranura de duración IFS.
- En algunas realizaciones, hacer que dispositivos inalámbricos con baja intensidad de señal percibida compartan la misma ranura de duración IFS puede aumentar el rendimiento de una red inalámbrica. Se cree que las intensidades de señal débiles percibidas indican que los dispositivos pueden transmitir en paralelo, por ej. al mismo tiempo o en tiempos solapados, y sus señales transmitidas no interferirán hasta tal grado que las señales transmitidas no puedan ser resueltas en los dispositivos receptores. Por ejemplo, si dos dispositivos inalámbricos tienen una distancia inalámbrica relativamente grande, en la presente realización, ambos pueden transmitir frames de datos al mismo tiempo, moviendo de este modo potencialmente más datos en el medio en una cantidad de tiempo dada que los sistemas en los que está prohibida la transmisión en paralelo.
- Si la respuesta al paso marcado 1620 es «no», en respuesta el proceso avanza al paso marcado 1624 y se emite una solicitud para aumentar el número de ranuras de duración IFS. Por ejemplo, la solicitud puede pedir que el número de ranuras de tiempo se aumente en un múltiplo de dos, de forma que un único bit adicional en una señal de estado del programa puede indicar qué ranura de duración IFS ha sido seleccionada por un determinado dispositivo inalámbrico en el nuevo programa con un número de ranuras de tiempo aumentado. La solicitud se puede emitir como parte de la señal de estado del programa del dispositivo que realiza el proceso 1600 o como parte de alguna otra señal, por ej. algún otro frame de gestión.
- Los dispositivos inalámbricos que realizan el proceso 1600 pueden utilizar las ranuras de duración IFS seleccionadas según las técnicas descritas anteriormente para el programador de la transmisión de frames de datos. Por ejemplo, cada dispositivo puede esperar hasta después de su ranura de duración IFS y de que un frame de datos se haya transmitido antes de intentar transmitir un frame de datos.
- En otras realizaciones, los programas para el tráfico pueden ser asimétricos entre el tráfico en enlace ascendente y en enlace descendente, como se describe más abajo. Por ejemplo, un primer dispositivo

inalámbrico puede utilizar un primer valor de espacio entre frames cuando envía datos a un segundo dispositivo inalámbrico. Y el segundo dispositivo inalámbrico puede utilizar un segundo valor de espacio entre frames cuando envía datos al primer dispositivo inalámbrico. Como se ha descrito detalladamente más arriba, un valor de espacio entre frames es el tiempo que el dispositivo inalámbrico espera después de que el frame inalámbrico actual haya sido transmitido hasta que transmite otro frame inalámbrico. Los valores de los espacios entre frames pueden ser diferentes y la diferencia se puede seleccionar para que conceda prioridad al tráfico en enlace ascendente en detrimento del tráfico en enlace descendente o viceversa.

Como se ha señalado anteriormente, las realizaciones de las técnicas anteriores pueden ser útiles para conservar espectro cuando el mismo espectro inalámbrico es utilizado para la comunicación inalámbrica, por ej. la comunicación en cualquier dirección, es decir del primer dispositivo al segundo dispositivo y del segundo dispositivo al primer dispositivo. Como se ha explicado, en determinadas realizaciones, si el primer dispositivo detecta que el segundo dispositivo está enviando un frame inalámbrico, el primer dispositivo aplazará la transmisión de un frame al segundo dispositivo para evitar una colisión inalámbrica y facilitar la comunicación entre dispositivos. Y, en estas realizaciones, si el segundo dispositivo detecta que el primer dispositivo está enviando un frame inalámbrico, el segundo dispositivo aplazará la transmisión de un frame al primer dispositivo para evitar una colisión inalámbrica y facilitar la comunicación entre dispositivos. En este ejemplo, el primer dispositivo utiliza el primer valor de espacio entre frames (es decir, una ranura de duración IFS) y el segundo dispositivo utiliza el segundo valor de espacio entre frames. Por tanto, en este ejemplo el primer dispositivo puede esperar el primer valor de espacio entre frames desde que el actual frame inalámbrico de interferencia se haya transmitido antes de enviar su frame inalámbrico. De forma similar, el segundo dispositivo puede esperar el segundo valor de espacio entre frames desde que el actual frame inalámbrico de interferencia se haya transmitido antes de enviar su frame inalámbrico.

Si los dos valores de espacio entre frames son iguales se puede producir una colisión. Sin embargo, los dos valores de espacio entre frames podrían ser diferentes y en ese caso no se produciría una colisión. Por ejemplo, si el primer valor de espacio entre frames es inferior al segundo valor de espacio entre frames, el primer dispositivo comenzará a transmitir su frame inalámbrico antes que el segundo dispositivo inalámbrico. En este ejemplo, el segundo dispositivo inalámbrico detectará que el canal está ocupado y podrá aplazar su propia transmisión para impedir una colisión y facilitar la comunicación entre dispositivos. Por tanto, en algunas realizaciones, la contención del acceso a los medios se puede resolver entre el primer y el segundo dispositivo sin ningún control centralizado y sin incurrir en gastos adicionales. Esta técnica puede ser aplicable tanto a redes no celulares de un solo como a redes híbridas celulares multisalto. Por ejemplo, se cree que la programación asimétrica es muy útil para ciertas arquitecturas de sistemas celulares híbridos multisalto, porque la técnica aprovecha la verdadera naturaleza del tráfico de la red móvil.

El tráfico de la red móvil se puede clasificar como tráfico en enlace ascendente y en enlace descendente. El tráfico en enlace ascendente fluye desde un dispositivo inalámbrico hacia una estación base. El tráfico en enlace descendente fluye desde una estación base hacia un dispositivo inalámbrico. En una red móvil multisalto, estos flujos pueden consistir en uno o más saltos. Ejemplos de algunas trayectorias posibles en enlace ascendente y descendente se muestran en la Figura 17, aunque hay que tener en cuenta que las realizaciones de las presentes técnicas son aplicables tanto a redes de un solo como a redes multisalto.

Respecto a la Figura 17, la Figura 17 es una vista esquemática generalizada de una célula 1700 en una red de telefonía móvil inalámbrica según una realización multisalto. Cabe señalar que solo se ilustra una única célula 1700 de una red móvil para facilitar la comprensión. Los principios de las técnicas aquí descritas no se limitan a ningún número particular de células en una red de telefonía móvil particular. La célula 1700 de una red de telefonía móvil inalámbrica puede tener unos 26 kilómetros cuadrados de superficie. Cada célula 1700 de una red de telefonía móvil puede incluir un controlador de estación base 1708 que tiene una torre 1702 para recibir/transmitir datos con dispositivos inalámbricos 1704A-C y 1706A-C (por ej. teléfonos móviles, netbooks, asistentes digitales personales, ordenadores portátiles). Según una realización, los dispositivos inalámbricos 1704A-C y 1706A-C están configurados para comunicar con la estación base 1708 en «multisaltos». «Multisaltos», a efectos del presente ejemplo, se refiere al proceso por el que un dispositivo inalámbrico 1704 o 1706 se puede comunicar con la estación base 1708 vía uno o más dispositivos inalámbricos 1704A-C o 1706A-C. Por lo que respecta de nuevo a la Figura 17, la estación base 1708 se puede conectar a la red móvil terrestre pública (PLMN) 1712 vía una central de conmutación móvil (MSC) 1710. Cada proveedor puede tener una central de conmutación móvil (MSC) 1710 que controla todos los controladores de estaciones base 1708 de la ciudad o región y controla todas las conexiones de la PLMN terrestre 1712.

La Figura 17 muestra algunas trayectorias en enlace ascendente y descendente del tráfico inalámbrico o frames inalámbricos. Como se muestra en la Figura 17, los dispositivos inalámbricos 1704A, 1704B y 1704C pueden formar una trayectoria de enlace ascendente multisalto. Como se muestra en la Figura 17, los dispositivos inalámbricos 1706A, 1706B y 1706C pueden formar una trayectoria de enlace descendente multisalto. Aunque la cantidad de tráfico de enlace ascendente y de enlace descendente puede variar considerablemente dependiendo de los escenarios de despliegue y uso, normalmente se espera que la

cantidad de tráfico de enlace descendente supere la cantidad de tráfico de enlace ascendente en las redes inalámbricas de consumo tradicionales. Como se describe más abajo, este patrón de tráfico se puede explotar utilizando un programador asimétrico, por ej. un primer valor de espacio entre frames para el flujo de tráfico de enlace descendente y un segundo valor de espacio entre frames para el flujo de tráfico de enlace ascendente.

En la red de ejemplo ilustrada, la cantidad de tráfico de enlace ascendente es generalmente inferior a la cantidad de tráfico de enlace descendente. En ese caso, si el primer valor de espacio entre frames es superior al segundo valor de espacio entre frames, siempre que los dispositivos tengan tráfico de enlace ascendente y tráfico de enlace descendente para enviarse entre ellos, el tráfico de enlace ascendente tendrá prioridad porque utilizará un valor de espacio entre frames más bajo. En ciertos patrones de tráfico, el tráfico en enlace descendente ocupará en su mayoría el canal inalámbrico. En realizaciones en las que el tráfico en enlace ascendente se ve favorecido, cuando se tiene que transmitir un frame inalámbrico ocasional en enlace ascendente, tendrá prioridad sobre cualquier frame inalámbrico de tráfico en enlace descendente contrapuesto.

En este ejemplo, el frame inalámbrico del tráfico en enlace ascendente ocasional será transmitido sin causar una colisión con un frame inalámbrico de tráfico en enlace descendente contrapuesto. Por otra parte, en determinadas realizaciones, no se necesitan transmisiones de resolución de contención adicionales para coordinar los flujos de tráfico en enlace ascendente y descendente. Otro programas, como el algoritmo de retardo aleatorizado, se pueden combinar con esta técnica para mediar también en el acceso al canal inalámbrico compartido, cuyos ejemplos se describen más abajo.

Cabe señalar que una estación base también es un tipo de dispositivo inalámbrico. Y ciertas realizaciones de la técnica descrita en el presente documento se pueden aplicar a la red inalámbrica accionada por una estación base. En una red inalámbrica accionada por una estación base tradicional, el flujo de tráfico de la estación base a un dispositivo inalámbrico se puede considerar la dirección en enlace descendente y el tráfico que fluye desde un dispositivo inalámbrico hasta la estación base se puede considerar la dirección en enlace ascendente. Para una mayor simplicidad al explicar esta realización, se puede asumir que la estación base y otros dispositivos inalámbricos utilizan el mismo espectro inalámbrico para el tráfico en enlace ascendente y descendente. Por ejemplo, si la cantidad de tráfico en enlace descendente es habitualmente mayor que la cantidad de tráfico en enlace ascendente, los dispositivos inalámbricos de la red pueden utilizar un primer valor de espacio entre frames para el tráfico en enlace descendente que es superior a un segundo valor de espacio entre frames para el tráfico en enlace ascendente. En esta realización, la estación base puede enviar los frames inalámbricos de tráfico en enlace descendente más frecuentes a los otros dispositivos inalámbricos con una contención reducida en comparación con un sistema con un programa simétrico. Cuando los otros dispositivos inalámbricos necesitan enviar el frame inalámbrico de tráfico en enlace ascendente ocasional a la estación base, los demás dispositivos pueden hacerlo con mayor prioridad que cualquier frame inalámbrico de tráfico en enlace descendente contrapuesto sin un aumento sustancial de la contención de acceso al medio.

Las realizaciones de la técnica descrita aquí pueden facilitar un mecanismo de resolución de contención descentralizado y pueden tender a aumentar las oportunidades para que la estación base continúe sucesivamente enviando frames inalámbricos en enlace descendente a los demás dispositivos inalámbricos hasta que la estación base detecte que el canal inalámbrico está ocupado. Se podría detectar que el canal inalámbrico está ocupado cuando otro dispositivo inalámbrico puede haber comenzado a enviar un frame inalámbrico en enlace ascendente a la estación base.

Ciertos escenarios del mundo real podrían complicarse cuando más de una estación base puede operar en el mismo espectro. Algunas realizaciones pueden hacer uso de una red por cable común que se conecta a las estaciones base. En esta realización, las estaciones base se pueden comunicar y coordinar en esta red común y pueden acordar programas de acceso al medio y aplicar la resolución de contención entre ellas en esta red común. De esta forma se podría coordinar el tráfico en enlace descendente entre estaciones base de interferencia. Como ejemplo, el tráfico en enlace ascendente desde los dispositivos inalámbricos puede utilizar un valor de espacio entre frames inferior que el tráfico en enlace descendente. El tráfico en enlace ascendente podría facilitar también la resolución de contención utilizando un algoritmo de retardo aleatorizado, por ej. como la técnica descrita más arriba que utiliza cuentas atrás aleatorias o pseudoaleatorias. En este ejemplo, dado que la tasa de tráfico en enlace descendente es típicamente superior a la tasa de tráfico en enlace ascendente, las realizaciones que utilizan la coordinación de la estación base pueden facilitar una programación relativamente eficiente para el tráfico denso en enlace descendente. Por otra parte, en esta realización, el tráfico ligero en enlace ascendente puede ser programado entre transmisiones del tráfico en enlace descendente sin ningún (o relativamente escaso) control centralizado ni gastos adicionales. Por otra parte, el multisalto podría permitir que solo los dispositivos que tienen una buena señal de la estación base se comunicaran directamente con ella. En esta realización, los demás dispositivos inalámbricos se pueden comunicar indirectamente con la estación base saltando a dispositivos inalámbricos cercanos. Por tanto, este ejemplo muestra cómo la realización descrita en el

presente documento podría mejorar el rendimiento de las redes inalámbricas en general y de las redes móviles multisalvo en particular. Sin embargo, cabe señalar que no todas las realizaciones aquí descritas utilizan esta técnica ni ofrecen estos beneficios.

5 Este enfoque se puede combinar también con otros enfoques comunes de acceso múltiple y resolución de contención, para reducir la necesidad de programación centralizada o los gastos de una coordinación descentralizada. Por otra parte, en algunas realizaciones, los dispositivos inalámbricos podrían transmitir los frames inalámbricos en enlace descendente de forma continua durante una cantidad de tiempo mayor que los frames inalámbricos en enlace ascendente. Lo contrario también se puede implementar dependiendo de la situación. Por otra parte, cuando este planteamiento se combina con el algoritmo de retardo aleatorizado, el tráfico en enlace descendente se puede programar con ventanas de contención menores que el tráfico en enlace ascendente. Lo contrario también se puede implementar dependiendo de la situación.

10 En algunos sistemas, puede resultar recomendable dar prioridad a los datos en enlace descendente. Por ejemplo, como se ha señalado anteriormente, el tráfico de la red a través de ciertos dispositivos inalámbricos presenta un claro sesgo con respecto al tráfico en enlace descendente en comparación con el tráfico en enlace ascendente a través de esos dispositivos inalámbricos. Por ejemplo, es habitual que un punto de acceso de una red inalámbrica no celular transmita archivos multimedia relativamente grandes recuperados de una conexión a Internet por cable en forma de datos en enlace descendente al dispositivo inalámbrico de un cliente. El dispositivo inalámbrico del cliente puede transmitir tráfico en enlace ascendente relativamente escaso incluyendo frames ACK y frames que solicitan datos adicionales. Un programador simétrico, por ej. algunos programadores ERB, pueden proporcionar, de media, duraciones de IFS similares para transmisiones en enlace ascendente y descendente. Sin embargo, esto puede no resultar óptimo en algunos escenarios, porque el dispositivo del cliente que transmite en enlace ascendente puede utilizar un número relativamente reducido de sus ranuras de duración IFS, causando que el punto de acceso que transmite en enlace descendente espere innecesariamente por ranuras de duración IFS no utilizadas para el dispositivo inalámbrico del cliente.

15 Este problema se puede mitigar en ciertas realizaciones que se describen más abajo, que pueden utilizar un programador no determinista distribuido que programe el tráfico en enlace ascendente y en enlace descendente de forma asimétrica. En ciertas realizaciones que se describen más abajo, un subconjunto de las ranuras de duración IFS se puede reservar para el tráfico en enlace descendente o el algoritmo utilizado para seleccionar un número aleatorio se puede ponderar para favorecer que las ranuras de duración IFS más tempranas correspondan al tráfico en enlace descendente.

20 La Figura 18 es un diagrama de tiempos que ilustra un ejemplo de un método de programación en el que las ranuras de duración IFS se seleccionan de forma aleatoria o pseudoaleatoria y ciertas ranuras se reservan para el tráfico en enlace descendente. El ejemplo ilustrado es similar al de la Figura 15, salvo por el hecho de que las ranuras de tiempo marcadas D1-D5 se reservan para el tráfico en enlace descendente. Como sucede con el ejemplo de la Figura 15, una duración IFS incluye un periodo base DIFS 1514 tras un frame de datos previo 1812 más alguna porción variable 1814 que varía de un dispositivo a otro denominado ventana de contención, cuyos ejemplos se describen en la norma IEEE 801.1. La porción variable 1814 se puede cuantificar en las ranuras 1516 que tienen una MST larga, y un programador puede seleccionar entre estas ranuras 1516 para reducir la probabilidad de una colisión cuando se transmiten frames de datos.

25 Como se ha señalado anteriormente, en este ejemplo, ciertas ranuras D1-D5 se reservan para el tráfico en enlace descendente. Un dispositivo inalámbrico puede determinar si un punto de acceso o si una parte sustancial del tráfico de la red, por ej. más de un 80%, más de un 95%, o más de un 99%, fluye desde este a otros dispositivos. Basándose en esta determinación, los programadores de la red inalámbrica pueden reservar ciertas ranuras D1-D5 para el tráfico en enlace descendente. Para seleccionar una ranura, un programador puede calcular primero un número aleatorio o pseudoaleatorio, por ej. con un registro de desplazamiento lineal o con el ruido de la red. A continuación, el programador puede determinar si las ranuras se reservan para el tráfico en enlace descendente. Si las ranuras se reservan para el tráfico en enlace descendente, el programador puede determinar si los frames de datos que se van a transmitir, por ej. en una memoria intermedia del dispositivo inalámbrico, son datos en enlace descendente o datos en enlace ascendente. Si los frames de datos son datos en enlace descendente, el programador puede planificar el número aleatorio o el número pseudoaleatorio en las ranuras de tiempo reservadas D1-D5, por ej. D1 se puede planificar para un número aleatorio de 1 y D5 se puede planificar para un número aleatorio de 5. Si los frames de datos son datos en enlace ascendente, el programador puede planificar el número aleatorio o el número pseudoaleatorio para una de las demás ranuras de duración IFS no reservadas para los datos en enlace descendente utilizando una planificación similar. A continuación, el planificador puede realizar una cuenta atrás a través de las ranuras en enlace descendente reservadas o en enlace ascendente con la misma técnica que se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 15 y cuando se completa la cuenta atrás, el dispositivo inalámbrico puede transmitir el frame de datos.

30 Los ejemplos ilustrados incluyen cinco ranuras de tiempo reservadas para los datos en enlace descendente. Otras realizaciones pueden incluir más o menos. La distribución de las ranuras reservadas en enlace

descendente D1-D5 es generalmente más temprana que la distribución de las ranuras reservadas en enlace no descendente en esta realización, por ej. la duración IFS mediana y media de las ranuras reservadas en enlace descendente es inferior a la duración IFS mediana y media de las ranuras reservadas en enlace no descendente. Por consiguiente, cabe esperar que el dispositivo inalámbrico que transmite en enlace descendente pase menos tiempo esperando por ranuras de duración IFS no utilizadas para los dispositivos inalámbricos de clientes en enlace ascendente. En esta realización, las ranuras reservadas en enlace descendente D1-D5 son interrumpidas por ranuras reservadas en enlace no descendente ocasionales, por ej. entre D1 y D2 y entre D3 y D4. Se cree que las interrupciones permiten que las transmisiones en enlace ascendente se transmitan con el tiempo, aun cuando se favorezca a las transmisiones de datos en enlace descendente, por ej. cuando se les asigne una prioridad mayor. En algunas realizaciones, la primera ranura puede estar sin reservar.

Por otra parte, en esta realización, los programas también se forman sin un control centralizado. Cada programador, por ej. los programadores 1318 de la Figura 13, pueden seleccionar una duración IFS según esta técnica antes de la transmisión de frames de datos o después de transmitir una serie de frames de datos.

Otras realizaciones pueden tener programadores distribuidos asimétricos que no utilizan ranuras de tiempo reservadas. Por ejemplo, el producto de un generador de un número aleatorio o de un generador de un número pseudoaleatorio se puede ampliar, por ej. multiplicarse por un coeficiente de ponderación, para hacer que los números para datos en enlace ascendente sean generalmente mayores o que los números para datos en enlace descendente sean generalmente menores. En otro ejemplo, para los datos en enlace descendente, el número aleatorio o pseudoaleatorio se puede planificar en función del resultado con una función que generalmente desciende monotónicamente. En otras realizaciones, por ej. en realizaciones en las cuales los datos en enlace ascendente son más voluminosos, los datos en enlace ascendente se pueden ver favorecidos de la manera que se ha descrito anteriormente.

Algunas realizaciones pueden cambiar el grado en el que el tráfico en una dirección se ve favorecido dinámicamente. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden seleccionar un número de ranuras de tiempo reservadas o unos tiempos para esas ranuras, por ej. generalmente más tempranas, en respuesta a un aumento del ratio de tráfico en enlace descendente respecto del tráfico en enlace ascendente. De forma similar, algunas realizaciones pueden favorecer el tráfico en enlace ascendente en detrimento del tráfico en enlace descendente, en respuesta a una inversión de la ratio de tráfico en enlace ascendente frente al tráfico en enlace descendente. A tal efecto, el programador en ciertas realizaciones puede contar el número de transmisiones en enlace ascendente y el número de transmisiones en enlace descendente que ocurren en un periodo de tiempo pasado, por ej. en el segundo, en los 10 segundos o en los 10 minutos previos, y seleccionar un grado de asimetría basado en un ratio de estos recuentos en enlace ascendente y enlace descendente.

En otras realizaciones, las técnicas de programación anteriormente descritas se pueden combinar. Por ejemplo, el terminal inalámbrico, por ej. a través del funcionamiento de un programador, puede elegir un programa determinista para transmitir el primer tipo de datos y un programa aleatorizado para transmitir el segundo tipo de datos, donde la elección del programa se podría basar al menos en uno de los factores siguientes: programas de dispositivos cercanos, longitudes de colas, calidad de los nodos colectores y relés cercanos, cantidad de nodos colectores y relés cercanos, vida de la batería, fuente de alimentación, rendimiento medio, uso de ancho de banda, necesidades de ancho de banda, disponibilidad del ancho de banda, tipo de dispositivo, nivel de movilidad, hora del día, tarifas de suscripción, perfil del usuario, intensidad y calidad de la señal no celular, intensidad y calidad de la señal celular, nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, número de saltos a un nodo colector y entorno inalámbrico circundante.

En un entorno, el terminal inalámbrico puede elegir un programa determinista para transmitir el primer tipo de datos y un programa aleatorizado para transmitir el segundo tipo de datos, donde el tipo de datos se basa al menos en uno de los siguientes factores: dirección, cantidad, importancia, calidad del servicio deseada, entorno inalámbrico circundante, congestión de la red, estado de la red, longitudes de colas y rendimiento. Por ejemplo, cada uno de estos factores, o un subconjunto de ellos, se pueden comparar con los respectivos valores límite o categorías; si un factor alcanza el umbral o corresponde a una categoría, el dispositivo puede seleccionar un programa determinista y si no se alcanza el umbral o la categoría no resulta aplicable, el dispositivo puede elegir un programa aleatorio. Dependiendo de la aplicación, la dirección podría ser en enlace ascendente o en enlace descendente. La cantidad se puede definir en términos de ancho de banda utilizado, ancho de banda necesario y longitudes de colas, por ejemplo. La calidad del servicio puede depender de la aplicación que se va soportar. Por ejemplo, las aplicaciones sensibles al retardo, como las de voz, se podrían beneficiar de un programa más determinista y las transferencias de archivos podrían utilizar un programa aleatorizado cuando no hay muchas ranuras deterministas disponibles. El entorno inalámbrico circundante podría incluir la topología, los patrones de tráfico dominantes, los factores de actividad, programas, números, necesidades y capacidades de nodos cercanos. El entorno inalámbrico circundante

podría incluir también factores de red, como volumen de congestión en la red y estado de la red en términos de latencia, retardo e inestabilidad.

5 En la realización anterior, el terminal inalámbrico podría optar por un programa determinista y un primer espacio entre frames para transmitir el primer tipo de datos. El terminal inalámbrico también podría elegir un programa aleatorizado y un segundo espacio entre frames para transmitir el segundo tipo de datos. Como se ha señalado anteriormente, el espacio entre frames es el retardo entre el frame anterior y la transmisión siguiente. Por ejemplo, la norma IEEE 802.1 define ejemplos de espacio entre frames (IFS) de forma detallada.

10 En la realización anterior, el terminal inalámbrico puede elegir un programa determinista y una primera ventana de contención para transmitir el primer tipo de datos. El terminal inalámbrico también podría elegir un programa aleatorizado y una segunda ventana de contención para transmitir el segundo tipo de datos. La ventana de contención es un intervalo de números entre los que se pueden seleccionar los contadores para resolver contenciones y colisiones entre dispositivos inalámbricos. Como se ha señalado anteriormente, la norma IEEE 802.1 describe ejemplos de ventanas de contención de forma detallada.

15 En la realización anterior, el terminal inalámbrico, por ej. un programador del terminal inalámbrico, puede elegir un programa determinista y una primera oportunidad de transmisión para transmitir el primer tipo de datos. El terminal inalámbrico puede elegir un programa aleatorizado, por ej. un programa ERB, y una segunda oportunidad de transmisión para transmitir el segundo tipo de datos. La oportunidad de transmisión es el momento en el que el dispositivo inalámbrico consigue acceso al canal inalámbrico y transmitir frames.
20 La oportunidad de transmisión también se podría medir en bits y bytes en lugar de unidades de tiempo. La norma IEEE 802.1 describe ejemplos de oportunidades de transmisión de forma detallada.

La Figura 19 es una vista esquemática generalizada de un ejemplo de programas para transmisiones inalámbricas por terminales inalámbricos según una realización de la técnica descrita en el presente documento. En esta realización, el programa 1992 se basa en un mecanismo de resolución de contención conocido como retardo exponencial aleatorio (ERB) que se ha descrito en parte más arriba. El cronograma
25 1993 muestra la progresión de tiempo. El frame previo 1990 podría ser un frame de datos, de control o de gestión. Un IFS distribuido (DIFS) 1994 puede separar el frame previo y la primera minirranura 1996 en este ejemplo. Además, en esta realización, cada minirranura tiene una minirranura (MST) larga. Cuando un dispositivo inalámbrico necesita transmitir un frame en el canal inalámbrico, según el programa 1992, puede elegir un contador aleatorio (por ej. una función pseudoaleatoria) y realizar una cuenta atrás cada vez que transcurre una MST. En algunas realizaciones, un dispositivo inalámbrico solo puede aplicar su cuenta atrás cuando percibe que el canal inalámbrico está disponible o libre. El programa ilustrado 1992 es simétrico entre el tráfico en enlace descendente y en enlace ascendente, dado que la distribución de potenciales ranuras de duración IFS es generalmente igual en las dos direcciones, por ej. existen las mismas posibilidades de que se
35 seleccione cualquiera de las ranuras de duración IFS para el tráfico en enlace ascendente o en enlace descendente.

A diferencia del programa 1992, el programa 1949 de la Figura 19 es asimétrico y puede ser utilizado, por ej. por un programador, para programar diferentes datos en diferentes formas. La primera minirranura 1956 se puede reservar para un primer transmisor en enlace descendente, por ej. un punto de acceso o relé de una red multisalto.
40

La segunda minirranura 1957 puede estar disponible para ser utilizada por cualquier dispositivo inalámbrico. Por tanto, en este ejemplo, cada minirranura impar se reserva para uno o más transmisores de frames en enlace descendente. Se cree que esto permite que varios transmisores de frames en enlace descendente utilicen un programa más determinista, tal y como se explica más abajo. Sin embargo, en algunos sistemas, cualquier dispositivo inalámbrico puede acceder al canal en cada minirranura par. Para resolver contenciones y colisiones, los dispositivos inalámbricos podrían utilizar ERB para seleccionar entre ranuras de duración IFS pares. Se cree que esto, en determinadas aplicaciones, hace que los dispositivos inalámbricos que transmiten en minirranuras pares tengan un programa aleatorizado o pseudoaleatorio. por ej. los dispositivos inalámbricos podrían utilizar las minirranuras pares para transmitir frames en enlace ascendente. En otras realizaciones, en lugar de diferenciar el tráfico basado en direcciones en enlace ascendente y descendente, el tráfico se puede diferenciar basado en la cantidad, la importancia, la calidad de servicio deseada, el entorno inalámbrico circundante, la congestión de red, el estado de la red, la longitud de las colas y el rendimiento.
45
50

Cabe señalar que la minirranura 1956 está marcada como D1 y la minirranura 1972 está marcada como D1*. En esta realización, la * indica que D1* es una ranura adicional para el transmisor en enlace descendente que utiliza D1. Una forma de facilitar la imparcialidad entre transmisores de frames en enlace descendente consiste en requerir la siguiente asignación de tráfico entre D1 y D1* (o Dx y Dx*, donde x es un número entero). Tras utilizar la minirranura D1, el primer transmisor en enlace descendente puede esperar a que la ronda actual de transmisores en enlace descendente termine o use D1*. Dado que D1* viene detrás de D8, el transmisor en enlace descendente correspondiente a D8 puede obtener acceso al dispositivo inalámbrico de
55
60

manera imparcial, por ej. el dispositivo inalámbrico que utiliza DI no siempre tiene una oportunidad de tener preferencia sobre los que utilizan D2-D8. Por otra parte, en esta realización, no cabe esperar que los gastos de unas pocas MST para facilitar esta coexistencia imparcial perjudique mucho al rendimiento. Si en esta realización el primer transmisor en enlace descendente utiliza DI*, ese primer dispositivo inalámbrico no puede utilizar DI en la siguiente ronda para transmisores en enlace descendente. Por tanto, en este ejemplo, el primer transmisor en enlace descendente es relativamente imparcial con otro transmisor en enlace descendente. Una vez que una ranura en enlace descendente adicional (marcada con *) es usada por un dispositivo inalámbrico, otros dispositivos inalámbricos pueden asumir que la ronda actual de transmisores en enlace descendente ha terminado y que va a comenzar la siguiente ronda. En la siguiente ronda, los dispositivos inalámbricos pueden utilizar sus ranuras en enlace descendente normales (es decir, ranuras sin un *) para transmitir frames.

Los programas 1901 y 19025 son otros programas asimétricos que también se pueden utilizar. Los programas 1901 y 1935 difieren del programa 1949 en que el número de ranuras disponibles para las transmisiones en enlace descendente está reducido. Estos programas 1901 y 1925 pueden, por ejemplo, se pueden usar cuando relativamente pocos dispositivos inalámbricos transmiten datos en enlace descendente.

La Figura 20 es una vista esquemática generalizada de ejemplos de topologías de redes inalámbricas según una realización. La topología 2002 es un ejemplo de una topología de un salto bidimensional. Cada cubo, como el cubo 2012, representa una estación base y la red inalámbrica que la rodea. Si las estaciones base de cubos adyacentes utilizan los mismos recursos de red al mismo tiempo, pueden interferir entre ellos por los choques. Para conseguir un determinado nivel de rendimiento, las estaciones base adyacentes pueden ser ortogonalizadas en tiempo, frecuencia, código, espacio, etc. La topología 2002 muestra que 4 ortogonalizaciones podrían ofrecer un cierto nivel de rendimiento y mantener la interferencia cruzada entre estaciones base cercanas por debajo de un umbral aceptable. Las ortogonalizaciones 2004, 2006, 2008 y 2010 se muestran en diferentes colores para reflejar su uso de los diferentes recursos de la red. La topología 2022 es un ejemplo de una topología multisalto bidimensional. Cada paralelepípedo, como el paralelepípedo 2028, representa una red multisalto lineal que consiste en tres o más terminales inalámbricos. Si los terminales inalámbricos de un paralelepípedo adyacente utilizan los mismos recursos de red al mismo tiempo, pueden interferir entre ellos por los choques. Para conseguir un determinado nivel de rendimiento, las estaciones base adyacentes pueden ser ortogonalizadas en tiempo, frecuencia, código, espacio, etc. La topología 2022 muestra que dos ortogonalizaciones podrían ofrecer un rendimiento razonable y mantener las interferencias cruzadas entre terminales inalámbricos cercanos por debajo de un umbral razonable. Las ortogonalizaciones 2024 y 2026 se muestran en diferentes colores para indicar el uso de diferentes recursos de red, por ej. ranuras de tiempo o canales. La topología 2042 es una topología de un salto tridimensional común y utiliza 8 ortogonalizaciones diferentes. La topología 2062 es una topología multisalto tridimensional común y utiliza 4 ortogonalizaciones diferentes. En redes inalámbricas, el espectro suele ser limitado. Por tanto, las ortogonalizaciones excesivas pueden perjudicar a la capacidad total y a la eficiencia del espectro de la red inalámbrica. Sin embargo, muy pocas ortogonalizaciones pueden provocar interferencias excesivas y choques, perjudicando así al rendimiento. La Figura 20 representa una forma de alcanzar un equilibrio y conseguir un rendimiento razonable. Los programas asimétricos mostrados en la Figura 19 tienen 2, 4 u 8 ranuras en enlace descendente ortogonales y, por tanto, pueden ser utilizadas para las topologías comunes mostradas en la Figura 20 para facilitar la cooperación y la coexistencia entre terminales inalámbricos. Cuando las ranuras en enlace descendente de los programas de la Figura 19 son asignadas a segmentos de las topologías mostradas en la Figura 20, se pueden tener en cuenta las posiciones relativas de los segmentos y asignarse en enlace descendente en consecuencia. Por ejemplo, los segmentos de topologías que serán propensos a generar problemas a los usuarios en el borde de la célula o problemas de nodos ocultos se pueden separar en el programa de enlace descendente asimétrico. Esto puede permitir un intercambio de frames de control (como los frames RTS/CTS de IEEE 802.11) suficiente para mitigar posibles problemas a los usuarios en el borde de la célula y problemas de nodos ocultos.

La Figura 21 es una vista esquemática generalizada de transmisiones inalámbricas por parte de terminales inalámbricos según una realización. Los programas 2101, 2125 y 2149 son algunos otros ejemplos de programas asimétricos. Estos difieren de los programas asimétricos mostrados en la Figura 19 por el hecho de que no dependen de ranuras en enlace descendente adicionales (marcadas con *) para facilitar la imparcialidad. Estos programas podrían resultar más adecuados en determinadas situaciones, por ejemplo, cuando se desea que ciertos puntos de acceso o dispositivos de retransmisión tengan prioridad constante sobre otros.

La Figura 22 es una vista esquemática generalizada de transmisiones inalámbricas por parte de terminales inalámbricos según una realización. Los programas 2201, 2225 y 2249 son algunos otros ejemplos de programas asimétricos. Estos se pueden considerar como un híbrido de los programas mostrados en la Figura 19 y en la Figura 21. Estos programas podrían ser más adecuados en ciertas situaciones.

La Figura 23 es una vista esquemática generalizada de transmisiones inalámbricas por parte de terminales inalámbricos según una realización. Los programas 2301, 2325 y 2349 son algunos otros ejemplos de

programas asimétricos. El programa 2301 es un ejemplo en el que las minirranuras en enlace descendente y en enlace ascendente no están intercaladas como en los programas de la Figura 19. Sin embargo, para explotar la asimetría de topologías y patrones de tráfico, las minirranuras en enlace descendente y en enlace ascendente se pueden separar de la forma que se muestra en el programa 1901. Por otra parte, en algunas realizaciones, las minirranuras en enlace ascendente pueden tener un espacio entre frames menor en programas como el 2325. Por último, en algunas realizaciones, los programas en enlace descendente pueden no ser deterministas para conseguir un rendimiento razonable. Por ejemplo, en algunos sistemas, siempre que estén separadas, las transmisiones tanto en enlace ascendente como descendente podrían ser aleatorizadas como se muestra en el programa 2349. Los programas mostrados en la Figura 23 podrían ser más adecuados en algunas situaciones.

Utilizando los ejemplos anteriores, los terminales inalámbricos podrían pasar adaptativamente de un programa a otro dependiendo de la topología, el número, los programas, las necesidades, la actividad y los patrones de tráfico de otros terminales inalámbricos cercanos. Las balizas, frames de control, frames de gestión, frames de datos u otras señales de comunicación inalámbricas, como la anteriormente descrita señal de estado del programa, pueden ser utilizadas para transmitir la topología, el número, los programas, las necesidades, la actividad y los patrones de tráfico de terminales inalámbricos cercanos a otros terminales inalámbricos. Por otra parte, los terminales inalámbricos pueden cooperar y coordinarse para converger en uno o más programas en base al menos a uno de los factores siguientes: la calidad de los nodos colectores y relés cercanos, la cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, la vida de la batería, la fuente de alimentación, el rendimiento medio, el uso de ancho de banda, las necesidades de ancho de banda, la disponibilidad de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad y la calidad de la señal no celular, la intensidad y calidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, el número de saltos a un nodo colector, estado actual del segundo dispositivo, el estado actual del primer dispositivo, la política de participación que utiliza el segundo dispositivo, la política de participación que utiliza el primer dispositivo y el entorno inalámbrico circundante.

En algunas realizaciones, los frames de solicitud (REQ) pueden utilizar un espacio entre frames diferente de otros frames, por ej. un espacio entre frames más corto. Un ejemplo de un frame REQ se muestra en la Figura 32. Los frames REQ pueden ser utilizados por los nodos cercanos, por ej. dispositivos inalámbricos, para obtener un nodo para utilizar la programación ERB o utilizar un programa menos agresivo, por ej. para solicitar una transición del programa 1901 al programa 1949 de la Figura 19. En algunas realizaciones, el crowdsourcing de frames REQ y diversas solicitudes de nodos cercanos se podrían utilizar antes de actuar sobre las solicitudes, por ej. cada programador puede cambiar el programa en respuesta a una mayoría de dispositivos inalámbricos que solicitan una transición a un programa más agresivo o menos agresivo. Por tanto, en algunos sistemas, se espera mejorar la solidez, el rendimiento y la cooperación.

Cuando los programas asimétricos no conducen a un buen comportamiento y rendimiento, por ej. cuando incluso el programa menos agresivo no proporciona suficientes ranuras de duración IFS para los dispositivos inalámbricos que transmiten en enlace descendente, los terminales inalámbricos pueden retirarse adaptativamente usando programas de retardo exponencial aleatorio. Dependiendo de sus necesidades y de las condiciones de la red en ese momento, los terminales inalámbricos en algunas realizaciones pueden pasarse adaptativamente a programas normales, conservadores y/o

agresivos. El programa 1901 se podría considerar más agresivo que el programa 1949 de la Figura 19, porque los terminales inalámbricos podrían obtener potencialmente ranuras deterministas para transmitir más frecuentemente en esta forma de realización, dado que el programa ofrece más ranuras para elegir. Por otra parte, se pueden ofrecer más oportunidades de transmisión (TXOP) a nodos que necesitan más ancho de banda. De esta forma, los nodos que utilizan ranuras de duración IFS deterministas podrían obtener diferentes prioridades utilizando diferentes TXOP.

TXOP utiliza una comprobación de redundancia cíclica para cada fragmento, aun si se desbordan constantemente o cuentan con un espacio entre frames reducido (RIFS), que puede ser inferior al SIFS, por ej. el RIFS puede ser aproximadamente igual a 9 uds. y el SIFS puede ser aproximadamente igual a 16 uds. Esto podría mejorar la solidez, especialmente para las velocidades superiores, porque se envían más bytes aunque se utiliza el mismo número de símbolos (o tiempo TXOP). En algunas realizaciones, cuando se permite que los flujos deterministas de interferencia se produzcan en paralelo,

los flujos que utilizan velocidades superiores en la capa física pueden transmitir un mayor número de bytes en la misma cantidad de tiempo que los flujos que utilizan velocidades inferiores en la capa física. Por tanto, se podría necesitar una mayor agregación de frames para los flujos que utilizan velocidades superiores en la capa física cuando se utiliza TXOP. Por tanto, podría resultar útil realizar comprobaciones CRC más frecuentes para los flujos que utilizan velocidades más altas en la capa física.

La mencionada realización se puede beneficiar de la separación del primer tipo de datos y del segundo tipo de datos, por ej. datos en enlace descendente y en enlace ascendente. Por ejemplo, las redes inalámbricas que se utilizan para acceder a Internet podrían tener dos tipos de datos o tráfico: tráfico en enlace descendente y tráfico en enlace ascendente. A menudo los transmisores de tráfico en enlace descendente son menos numerosos que los transmisores de tráfico en enlace ascendente. Por ejemplo, una estación base inalámbrica podría dar servicio a varios dispositivos inalámbricos. En este ejemplo, la dirección en enlace descendente es desde la estación base inalámbrica hasta los dispositivos inalámbricos y la dirección en enlace ascendente es desde los dispositivos inalámbricos hasta la estación base inalámbrica. Aunque a menudo hay menos transmisores de tráfico en enlace descendente, el tráfico de Internet en enlace descendente suele ser mayor que el tráfico de Internet en enlace ascendente.

La realización anteriormente descrita puede permitir que los nodos de la red inalámbrica separen el plano de competencia para las ranuras de duración IFS entre el tráfico en enlace ascendente y el tráfico en enlace descendente. Como resultado, en algunos sistemas, el tráfico ascendente compite con otro tráfico ascendente y el tráfico descendente compite con otro tráfico descendente para acceder al canal inalámbrico. Por otra parte, los pocos transmisores en enlace descendente pueden entonces coordinarse y cooperar entre ellos para coexistir en el mismo canal inalámbrico. Asimismo, añadir determinismo a los programas de frames en enlace descendente se espera que reduzca las contenciones y colisiones entre transmisores y frames en enlace descendente. Se espera que el determinismo reduzca también las penalizaciones y los gastos asociados con las retransmisiones. Por último, en algunos sistemas, el determinismo puede permitir que se produzcan más flujos en enlace descendente en paralelo, permitiendo que los transmisores en enlace descendente utilicen los recursos de red disponibles de forma más agresiva y eficiente.

El tráfico de Internet en enlace ascendente suele ser menos abundante que el tráfico de Internet en enlace descendente. Por otra parte, el número de transmisores para el tráfico en enlace ascendente suele ser mayor que el número de transmisores para el tráfico en enlace descendente. Por tanto, a menudo resulta más difícil coordinar los diversos transmisores de tráfico en enlace ascendente de manera distribuida con gastos bajos. El ERB se puede utilizar para resolver contenciones y colisiones entre transmisores del tráfico en enlace ascendente de forma simple y distribuida. Por otra parte, dado que los flujos de tráfico en enlace ascendente a menudo serán menos intensos, los dispositivos inalámbricos no sufrirán las desventajas del ERB que se observan durante una elevada congestión del tráfico. Por tanto, la realización anteriormente descrita podría resultar útil en redes inalámbricas que se utilizan para acceder a Internet, como redes de banda ancha de un salto y redes móviles multisalto.

Como se ha mencionado antes, cuando los flujos más intensos se programan de forma más determinista, se puede conseguir una mejor coordinación y cooperación entre transmisores de frames en enlace descendente. Esta coordinación y cooperación se podría utilizar entonces para permitir que múltiples transmisiones de interferencia se produzcan en paralelo para mejorar el rendimiento de las redes inalámbricas. Sin embargo, la anterior invención se podría utilizar para mitigar problemas de nodos ocultos (un ejemplo de esto se describe más abajo) explotando el determinismo de los flujos más intensos.

La Figura 24 es una vista esquemática generalizada de transmisiones inalámbricas por parte de terminales inalámbricos según una realización. En particular, las figuras describen el problema del nodo oculto y cómo se podría mitigar. La Figura 24 solo ilustra un escenario de ejemplo; sin embargo, las técnicas descritas se podrían aplicar fácilmente a otros escenarios con la orientación de la presente descripción. El evento 2402 muestra que el dispositivo inalámbrico N1, en el ejemplo ilustrado, solo puede ser escuchado por el dispositivo inalámbrico N2 y el dispositivo inalámbrico N4 solo puede ser escuchado por el dispositivo inalámbrico N3. El evento 2412 muestra que el dispositivo inalámbrico N2 puede ser escuchado por el dispositivo inalámbrico N1 y el dispositivo inalámbrico N3. El evento 2412 también muestra que el dispositivo inalámbrico N3 puede ser escuchado por el dispositivo inalámbrico N2 y el dispositivo inalámbrico N4. En un ejemplo, N1 y N4 son transmisores de tráfico en enlace descendente (ilustrado por la dirección de las flechas) y N2 y N3 son transmisores de tráfico en enlace ascendente. Y en este ejemplo, N1 utiliza el programa asimétrico 2462 y ha elegido la minirranura en enlace descendente D1 para transmitir los frames en enlace descendente. También en este ejemplo, N4 utiliza el programa asimétrico 2462 y ha elegido la minirranura en enlace descendente D2 para transmitir los frames en enlace descendente. Una solicitud de envío (RTS) notifica a un receptor que un transmisor desea enviarle algo en un futuro cercano. Si el receptor cree que puede recibir transmisiones posteriores del transmisor, el receptor envía una autorización de envío (CTS) al transmisor. Entonces el transmisor puede enviar frames de datos al receptor. Si el receptor recibe los frames de datos correctamente, puede enviar una señal de reconocimiento (ACK) al transmisor. El procedimiento es generalmente utilizado por la popular WiFi o la norma IEEE 802.1. El evento 2422 muestra que N1 envía una RTS a N2 en la minirranura D1 y N4 envía una RTS a N3 en la minirranura D2. El evento 2032 muestra que N2 envía una CTS a N1 tras haber recibido la RTS. Cabe señalar que N2 puede enviar una CTS a N1 antes de que N3 pueda enviar una CTS a N4 porque N2 recibe su RTS antes de que N3 reciba su RTS. Por otra parte, N3 aplaza la transmisión de su CTS a N4 porque no quiere interferir en la transacción que está ocurriendo entre N1 y N2. La cooperación de N3 permite a N1 enviar frames de datos a N2. El evento 2442 muestra que N2 devuelve una ACK a N1 tras haber recibido los datos correctamente de N1. A

N3 le sirve de indicación esta ACK y transmite inteligentemente una CTS a N4 en la minirranura en enlace descendente determinista D2 en el evento 2452. Esta CTS con retardo inteligente se marca como iCTS en el evento 2452 de la Figura 24. N4 recibe esta CTS con retardo y reanuda la transmisión de frames de datos que ha puesto en fila para N3. Dado que NI utilizó D1, en este ejemplo, el nodo N1 debe utilizar la minirranura en enlace descendente D1* para cualquier transmisión posterior en enlace descendente. Incluso si N1 envía una RTA en D1*, N2 en esta realización puede retardar inteligentemente su CTS a N1 a fin de cooperar con N3 y evitar interferir en la transacción entre N4 y N3. Esto es similar a la cooperación de N3 en el evento 2432. Por tanto, el ejemplo de la Figura 24 muestra un escenario de ejemplo en el que la CTS inteligente ayuda a mitigar problemas de nodo ocultos. Cabe señalar que N1 está oculto para N3 y N4. Por otra parte, N4 está oculto para N2 y N1. No obstante, N1, N2, N3 y N4 son capaces de cooperar y coordinarse utilizando el mecanismo de CTS inteligente en este ejemplo. También hay que señalar que otras realizaciones no utilizan necesariamente este u otros mecanismos de CTS inteligente. Otra cosa a tener en cuenta es que el mecanismo de CTS inteligente, en algunas realizaciones, se beneficia del programa determinista que está siendo utilizado por NI y N4 para los frames en enlace descendente. Cuando estos flujos en enlace descendente son abundantes, los problemas de nodo ocultos son mitigados para los flujos que necesitan más protección. Los frames tipo CTS inteligente no siempre se pueden demorar. En ocasiones deben ser enviadas sin retardo, pero con una indicación (como el bit ocupado que esté fijado) que muestre que en esos momentos el receptor no puede recibir frames de datos posteriores. Cuando un terminal inalámbrico recibe un frame tipo CTS con esta indicación, podría en determinadas realizaciones intentarlo más tarde, sin ser penalizado por el ERB. Pueden existir graves problemas de nodo oculto incluso cuando solo un flujo es intenso. Cuando el flujo intenso está programado determinísticamente, los frames de tipo CTS inteligente y la capacidad de detección del operador se podrían utilizar para mitigar los problemas de nodos ocultos. Por otra parte, los flujos que podrían potencialmente sufrir problemas de nodos ocultos podrían converger a un programa más determinista. Inicialmente los frames RTS y CTS podrían ayudar a entender el entorno inalámbrico y las balizas podrían ayudar a estimar las topologías de los nodos cercanos. Una vez que se ha establecido una estrategia de programación más determinista, el uso de frames RTS y CTS se podría reducir adaptativamente. Se podría permitir que los terminales inalámbricos cooperasen entre ellos, se coordinasen y coexistiesen utilizando la mencionada invención. Esta cooperación podría ayudar a los terminales inalámbricos a converger en una estrategia de programación a lo largo del tiempo.

En las redes inalámbricas utilizadas para acceder a Internet, a menudo las transmisiones de enlace ascendente se componen de pequeños frames, como ACK de TCP. Si se agregan pequeños frames, como ACK de TCP, antes de la transmisión se puede reducir considerablemente el número de transmisiones en enlace ascendente. Esta agregación puede ser realizada, por ej. por el programador anteriormente descrito. Se espera que esto ayude a reducir contenciones y colisiones entre transmisores de tráfico en enlace ascendente incluso en horas de uso intenso. Esta agregación de frames podría tener un límite de tamaño y/o de tiempo. Por ejemplo, el límite de tamaño se puede decidir para mantener la probabilidad de corrupción del frame por debajo de un determinado umbral. Por ejemplo, puede ser necesario aplicar minuciosamente límites de tiempo cuando se agregan pequeños frames como ACK de TCP, para evitar que el control de la congestión de TCP se active.

En algunas realizaciones, un transmisor de tráfico intenso en comparación con otros dispositivos inalámbricos de una red inalámbrica puede recibir más minirranuras de duración IFS deterministas dependiendo de las longitudes de las colas, las necesidades de ancho de banda, el rendimiento medio y el rendimiento máximo. Los frames RTS y CTS ayudan a mitigar el problema de nodos ocultos en las redes inalámbricas de acceso aleatorio. Sin embargo, recibir y actuar sobre una RTS suele consumir mucho más tiempo que una minirranura. Esto puede llevar a la disminución de los beneficios del uso de frames RTS y CTS. La técnica anteriormente descrita puede ser utilizada para diseñar programas asimétricos que aumentan las ventajas de los frames de control, como frames RTS y CTS. Por ejemplo, una forma de diseñar y utilizar estos programas consiste en hacer que los transmisores de tráfico intenso que están inalámbricamente cercanos se mantengan también cercanos en términos de las minirranuras en enlace descendente asignadas en el programa asimétrico en uso. Dos dispositivos inalámbricos están inalámbricamente cercanos si las transmisiones de un dispositivo inalámbrico pueden ser escuchadas frecuentemente con una elevada ratio entre señal y ruido de interferencia (SINR) por el otro dispositivo inalámbrico. Con respecto al programa 1949 de la figura 19, dos transmisores de frames en enlace descendente inalámbricamente cercanos podrían utilizar las minirranuras en enlace descendente adyacentes D1 y D2. Dado que se encuentran inalámbricamente cercanos, sus correspondientes redes pueden sufrir menos problemas de nodos ocultos e interferencias de los usuarios en el borde de la célula gracias a la otra. Por otra parte, otros dos transmisores de frames en enlace descendente inalámbricamente alejados entre sí podrían utilizar minirranuras en enlace descendente alejadas entre sí en tiempo, como D1 y D8. Las correspondientes redes de los transmisores en enlace descendente inalámbricamente alejadas entre sí pueden sufrir más problemas de nodos ocultos e interferencias de los usuarios en el borde de la célula. Esta gran separación en tiempo de las minirranuras en enlace descendente permite que los frames de control, como RTS y CTS, sean utilizados de forma más efectiva. Otra forma de separar las minirranuras deterministas de los transmisores inalámbricamente alejados consiste en llenar varias ranuras de acceso aleatorio intermedias.

Un ejemplo de una implementación particular de un programador asimétrico parcialmente determinista se describe más abajo por referencia a tres módulos que se pueden ejecutar, por ej. en una CPU de un dispositivo inalámbrico, para crear un programador o se pueden integrar en forma de hardware, por ej. como circuitos integrados de aplicación específica, para formar un programador. Los módulos de ejemplo son un programador principal (MS), un programador en enlace descendente especial (SDS) y un buscador de programas en enlace descendente (DSF). El MS puede coordinar programas para frames tanto en enlace ascendente como descendente. El SDS, en este ejemplo, puede ser llamado por el MS y proporciona una ranura de duración IFS para programar la transmisión de un frame en enlace descendente (por ej. un frame de datos). El DSF de esta realización puede ser llamado por el SDS y puede seleccionar el programa en enlace descendente, como se describe más abajo. Cada uno de estos módulos puede adoptar la forma de hardware o puede ser almacenado en forma de código almacenado en medios tangibles legibles por ordenador, como una memoria flash, y cuando este código se ejecuta, puede hacer que una CPU de un dispositivo inalámbrico realice los procesos que se describen más abajo y atribuirse al MS, al SDS y al DSF.

El siguiente pseudocódigo es un ejemplo de un proceso que puede realizar el módulo MS de un programador según la presente realización.

```

D A S _Schedule_Frame (frame)
  error = 0
  if Frame_Type(frame) == DOWNLINK then
20  if NoDLTXFlag <= 0 then
    ifsDL == SDS_Get_DL_IFS(NO_COLLISION);
    while error < MAX_DL_FAILURES do
      if DL_TX_Frame(frame, ifsDL) == FAILURE then
        error = error + 1;
25      else
        return SUCCESS; end if
      ifsDL == SDS_Get_DL_IFS(COLLISION);
    end while
    NoDLTXFlag= DL_RECOVERY_TIME;
30    else
      NoDLTXFlag= NoDLTXFlag — 1;
    end If
  end if
  error = 0
35  while error < MAX_UL_FAILURES do
    if UL_TX_Frame(frame) == FAILURE then
      error = error + 1;
    else
      return SUCCESS;
40    end if
  end while
  return FAILURE:

```

El MS de la presente realización programa frames en enlace ascendente y descendente. El proceso anterior es una descripción general de un ejemplo de este proceso. Como se muestra en el pseudocódigo anterior, si un frame es un frame en enlace descendente, entonces en respuesta el programador de esta realización utiliza las duraciones IFS denominadas ifsDL, proporcionadas por el SDS que se describe a continuación. La

duración de IFS ifsDL puede ser una ranura en enlace descendente determinista, por ej. una ranura de duración IFS reservada para el tráfico en enlace descendente, por ej. en el programa 1901 de la Figura 19. La ranura en enlace descendente determinista puede ser la ventana reservada en la red inalámbrica para transmisiones por parte del dispositivo inalámbrico que ejecuta el proceso aquí descrito. El MS puede intentar

5 transmitir el frame en enlace descendente en la duración IFS designada por el valor de ifsD. Si el programador lo consigue, por ej. si no hay colisión y se recibe un frame ACK del dispositivo al que se envió el frame, el proceso anterior pasa al frame siguiente. De lo contrario, en este ejemplo, el módulo MS del programador puede solicitar el valor ifsDL de nuevo al SDS volver a intentar transmitir el frame.

En algunos casos, las retransmisiones pueden seguir fracasando debido a la existencia de un tráfico en enlace ascendente relativamente intenso (por ej. los detectores del operador a menudo detectan que el canal inalámbrico está ocupado) o a la existencia de un tráfico en enlace descendente relativamente intenso (por ej. los detectores del operadores a menudo detectan que el canal inalámbrico está ocupado o que se producen colisiones con las transmisiones en enlace descendente). El módulo MS puede llevar un recuento del número de transmisiones fallidas, por ej. el número de fallos en un periodo de tiempo dado, como en los 30 segundos

10 anteriores, por ejemplo. Como se muestra en el pseudocódigo para el módulo MS, cuando se ha superado un número de fallos límite, marcado MAX_DL_FAILURES, el módulo MS puede entrar en un modo de recuperación, designado en esta realización ajustando la variable NoDLTXFlag en DL_RECOVERY_TIME. En respuesta a este cambio, el frame fallido puede entonces programarse utilizando ERB, que puede ser gestionado por un módulo UL_TX_Frame, que es un ejemplo de un programador de acceso aleatorio 802.11.

15 En este ejemplo, por cada transmisión en enlace descendente satisfactorio en el modo de recuperación, el módulo MS puede reducir el contador de NoDLTXFlag. Cuando este contador cae por debajo de un umbral, por ej. 0, el módulo MS puede abandonar el modo recuperación y continuar operando con un programa asimétrico parcialmente determinista, como el programa 1901 o 1949 de la Figura 19.

A continuación se muestra un ejemplo del módulo SDA de la presente realización. Una vez más, el pseudocódigo mostrado a continuación describe un proceso que puede ser realizado por hardware, como un

20 circuito integrado de aplicación específica, o ejecutando el código almacenado en medios tangibles legibles por ordenador.

```

SDS_Get_DL_FS(txState)
if txState == COLLISION then
30 SDSCollisions = SDSCollisions + 1;
else
SDS Cullisions = SDSCollisions - 1;
end If
If DL-Schedule-Fresh(CurrSchedule) == FALSE
35 then
CurrSchedule = DSF_Get_Schedule(NORMAL);
else if SDSCollisions >= MAX.COLLISIONS
then
CurrSchedule — DSF_Get_Schedule(NORMAL);
40 else if Request_Table_Use_ERB() == TRUE
then
CurrSchedule = SCHEDULE_ERB;
else if Request_Table_Less_Aggressive == TRUE
then CurrSchedule =
45 DSF_Get_Schedule (CONSERVATIVE);
else if SDSCollisions <= MIN_COLLISIONS
then
Curr Schedule =
DSF_Get_Schedule (AGGRESSIVE);
50 Else if DL_TX_Round_Complete() == TRUE

```

```

then
DL_Schedule_Refresh(CurrSchedule);
return DL_IFS_BASE;
else
5 DL_Schedule_Refresh (CurrSchedule);
return (DL_IFS_BASE + DL_IFS_OFFSET);
end if
DL_Schedule_Initialize(CurrSchedule);
return Extract_DL_IFS(CurrSchedule);
10

```

En esta realización, el proceso anteriormente realizado por el módulo SDS puede ser iniciado por el módulo MS que llama al módulo SDS y, en respuesta, el módulo SDS puede proporcionar una ranura de duración IFS al módulo MS. El módulo SDS recibe como dato de entrada el valor marcado txState del módulo MS, que en esta realización indica si se ha producido una colisión mientras se utilizaba una ranura de duración IFS previamente proporcionada por el SDS. El valor marcado SDSCollisions puede ser una variable estática que realiza un seguimiento de la ocurrencia de estas colisiones, por ej. si se ha producido una colisión, se puede incrementar el valor SDSCollisions y si no se ha producido una colisión, se puede reducir el valor SDSCollisions. Los valores MAX_COLLISIONS y MIN_COLLISIONS de esta realización son umbrales para colisiones máximas y mínimas, respectivamente. Si se superan estos umbrales, el SDS solicita un cambio a un programa más o menos agresivo, como se describe más abajo. Un dispositivo inalámbrico puede, en algunas realizaciones, estar en estado de espera durante la transmisión de frames posteriores.

En caso de que esta duración sea relativamente larga (por ej. más de 30 segundos o alguna otra duración adaptativamente determinada en función de las circunstancias), lo que se determina cuando la función marcada DL_Schedule_Fresh devuelve un valor de falso, el SDS puede formar un nuevo programa utilizando el módulo DSF que se describe más abajo. En caso de que DL_Schedule_Fresh devuelva un valor de falso o en caso de que SDSCollisions supere el umbral MAX_COLLISIONS, el módulo SDS puede solicitar un programa a DSF y transmitir el valor de NORMAL para indicar que el nivel de agresividad solicitado.

De lo contrario, en esta realización, el módulo SDS procede a consultar en la memoria los valores almacenados en una estructura de datos marcada Request_Table para todas las solicitudes de otros dispositivos inalámbricos cercanos. Estas solicitudes pueden ser en forma de frames REQ y pueden expresar solicitudes de otros dispositivos inalámbricos de programas más o menos agresivos o programación ERB. La estructura Request_Table se puede actualizar cada vez que se recibe un frame REQ. Si el mismo tipo de solicitud, por ej. solicitando un programa más agresivo, se recibe de un número límite de dispositivos inalámbricos, por ej. una mayoría, la solicitud se puede conceder. Por ejemplo, el SDS puede pasar a programación ERB en respuesta a la recepción de un número suficiente de solicitudes, por ej. más de un límite, como una mayoría, de otros dispositivos inalámbricos que solicitan el paso a la programación ERB. De forma similar, en esta realización, el módulo SDS puede llamar al módulo DSF con una solicitud que contiene la secuencia «CONSERVATIVE» como parámetro para solicitar un programa más conservador, si se han recibido suficientes solicitudes de ese cambio. Adicionalmente, en esta realización, el valor de SDSCollision puede haber caído por debajo del límite MIN_COLLISIONS, por ej. cuando hay relativamente pocos dispositivos inalámbricos activos en la red inalámbrica y, en respuesta, el módulo SDS puede llamar al módulo DSF y pasar la secuencia «AGGRESIVE» como parámetro para solicitar un programa más agresivo. Por tanto, en esta realización, el programador puede ajustar dinámicamente el número de ranuras de duración IFS deterministas o cambiar hacia o desde una programación ERB no determinista en respuesta al tráfico de red existente, por ej. una alta frecuencia de colisión o solicitudes de otros dispositivos inalámbricos.

Alternativamente, en esta realización, si no se produce ninguna de las condiciones anteriores, el SDS puede continuar utilizando el programa establecido. Para facilitar la imparcialidad, el módulo SDS puede esperar una ronda completa de transmisiones en enlace descendente antes de reutilizar su ranura de duración IFS seleccionada, por ej. como se ha descrito anteriormente por referencia a las ranuras D1 y D1* de la Figura 16. Esta duración de IFS adicional se expresa en el módulo de SDS como DL_IFS_OFFSET. Por tanto, en este ejemplo, un dispositivo inalámbrico que espera a que la ronda en curso de transmisión en enlace descendente se complete, puede usar esperar por una duración de DL_IFS_OFFSET + DL_IFS_BASE, donde el último valor corresponde a la ranura de los dispositivos inalámbricos en el ciclo.

En esta realización, el módulo SDS puede llamar al módulo DSF para encontrar un programa en enlace descendente. Un ejemplo de un proceso que puede realizar el módulo DSF se muestra a continuación. Una vez más, el pseudocódigo mostrado a continuación describe un proceso que puede ser realizado por

hardware, como un circuito integrado de aplicación específica, o ejecutando el código almacenado en medios tangibles legibles por ordenador.

```

    DSF_Get_Schedule(threshold)
5   if SCHEDULE_IN_BEACON then
      Query_Beacon_Table(schedule[], topology[]);
      if Channel_Crowded(schedule [], topology[]) ==
      TRUE then
          Request_Channel_Change();
10  else if ERB_Present(schedule []) == TRUE then
      Request_ERB_Switch();
      else
          Query_Wireless_Env_Monitor(traffic[]);
          newSchedule = Calculate_Schedule(schedule[],
15  topology[], traffic[], threshold);
      end if
      else
          Query_Beacon_Table (topology[]);
          if Channel_Crowded(topology[] == TRUE then
20  Request_Channel_Change();
          Else
              Query_Wireless_Env_Monitor(traffic[]);
              new Schedule = Calculate_Schedule(topology[],
25  traffic[], threshold);
          end if
          end if
          return newSchedule;

```

En este ejemplo, el módulo DSF puede mantener una estructura de datos en memoria marcada Beacon_Table en la que se registra la información de las señales de estado del nodo recibidas, por ej. ciertos tipos de balizas de otros dispositivos inalámbricos. Por ejemplo, la estructura Beacon_Table puede asociar un identificador de otros dispositivos inalámbricos con un valor indicativo de una ranura de duración IFS en enlace descendente utilizada por esos otros dispositivos inalámbricos. La ranura de duración IFS utilizada por los otros dispositivos puede estar codificada en la señal de estado del programa o la ranura de duración IFS se puede observar midiendo el tiempo entre frames transmitidos por otros dispositivos inalámbricos. Por otra parte, las señales de estado del programa recibidas pueden codificar un identificador del tipo de programa que van a utilizar los demás dispositivos inalámbricos, por ej. ERB o el número de ranuras deterministas en enlace descendente. El tipo de programa en uso también se puede registrar en la Beacon_Table y estar asociado con un identificador del dispositivo.

El módulo DSF de esta realización puede consultar la Beacon_Table para recuperar la información del programa y la topología de los dispositivos inalámbricos cercanos. Si el programa está demasiado concurrido, por ej. si todas las ranuras de duración IFS están ocupadas por dispositivos relativamente cercanos, el módulo DSF puede responder solicitando un cambio de canal inalámbrico. O si la consulta indica que otros dispositivos inalámbricos están utilizando programación ERB, el módulo DSF puede transmitir una solicitud de cambio a la programación ERB. De lo contrario, en esta realización, el módulo DSF puede utilizar la función marcada Wireless_Env-Monitor para recuperar información sobre patrones de tráfico existentes, por ej. qué ranuras de duración IFS en enlace descendente están sin utilizar.

A continuación, en el proceso descrito por el anterior pseudocódigo, el DSF puede llamar una función denominada Calculate_Schedule para rellenar la variable denominada new-Schedule en base al número,

- programas, topologías y patrones de tráfico de nodos cercanos, por ej. según una o más de las técnicas de programación asimétrica o determinista anteriormente descritas. La función `Calculate_Schedule` puede seleccionar el programa basado en también en un límite de entradas marcadas, que puede ser una puntuación de intensidad y calidad de la señal que indica qué dispositivos inalámbricos se deberían considerar lo suficientemente alejados inalámbricamente a efectos de las transmisiones paralelas, por ej. compartiendo ranuras de duración IFS. El valor límite se puede modular en respuesta a una solicitud de un programa más o menos agresivo. Por ejemplo, en un modo más agresivo, los dispositivos inalámbricos pueden no ser considerados para compartir una ranura de duración IFS solo si parecen tener una calidad e intensidad de señal relativamente buena.
- 5
- 10 El módulo DSF de la presente realización vuelve así a un programa que, en algunos casos de uso, programa el tráfico en enlace descendente y ascendente de forma asimétrica, donde el tráfico en enlace ascendente se programa en base a un componente del programa aleatorio o pseudoaleatorio y el tráfico en enlace descendente se programa en base a la capacidad de la red de soportar la transmisión en paralelo y la disponibilidad de ranuras de duración IFS deterministas.
- 15 Por los ejemplos anteriores, resultará evidente que algunas de las técnicas aquí divulgadas son aplicables a muchos tipos de redes inalámbricas: celulares de un salto, celulares multisalto, de un salto entre pares, multisalto entre pares, etc. Sin embargo, a pesar de que se espera que los gastos de contención de acceso a los medios faciliten la operación de las redes inalámbricas, se pueden utilizar otras técnicas para mejorar la operatividad de estas redes. Por ejemplo, algunos sistemas híbridos celulares/no celulares multisalto pueden utilizar otras técnicas para aprovechar el espectro de forma más
- 20
- agresiva. En estos sistemas, se espera que haya mucho más tráfico inalámbrico en comparación con los sistemas que no son multisalto, debido a los saltos adicionales y a los enlaces inalámbricos; por tanto, el uso agresivo del espectro puede resultar particularmente recomendable en algunas de estas realizaciones, aunque las presentes técnicas no se limitan a los sistemas que usan el espectro de forma agresiva.
- 25 Dos formas de utilizar el espectro inalámbrico de forma más agresiva consisten en reducir el tiempo de espera del sistema inalámbrico y conseguir una mayor reutilización espacial en la red inalámbrica. A pesar de que las redes inalámbricas con un estricto control contribuyen razonablemente a reducir el tiempo de espera del sistema inalámbrico, existe una necesidad en la técnica de reducir el tiempo de espera de las redes inalámbricas que están más descentralizadas y que disponen de escasa o ninguna asistencia de una autoridad centralizada. Sin embargo, reducir el tiempo de espera de estos sistemas inalámbricos puede conllevar más colisiones entre los frames inalámbricos que son transmitidos simultáneamente por los diferentes dispositivos. Por otra parte, la consecución de una mayor reutilización espacial de la red inalámbrica, en algunos sistemas, se facilita si las estaciones base celulares y los dispositivos inalámbricos detectan colisiones y ajustan sus velocidades y potencias de transmisión en consecuencia.
- 30
- 35 Cuando los dispositivos inalámbricos comparten la misma ranura IFS o transmiten en paralelo de otro modo, resulta útil que cada dispositivo inalámbrico sea capaz de determinar si su transmisión impide que las transmisiones de los demás dispositivos inalámbricos sean recibidas, por ej. debido a una colisión. Determinadas realizaciones pueden detectar colisiones basadas en la vigilancia (por ej. recepción de un frame transmitido a otro dispositivo inalámbrico) de frames de reconocimiento (ACK) transmitidos entre otros dispositivos inalámbricos. En particular, se pueden detectar colisiones basadas en cambios o en la ausencia de cambios de identificadores de secuencia (por ej. Números), por ejemplo, el identificador de secuencia puede ser incrementado por un dispositivo transmisor cuando se envía un frame de reconocimiento para indicar la recepción satisfactoria del frame de datos transmitido o, por ej. también, el identificador de secuencia puede ser incrementado por el dispositivo receptor en el frame de reconocimiento. El dispositivo inalámbrico de vigilancia puede controlar el identificador de secuencia (por ej. en el frame de datos o en el frame de reconocimiento), antes, después o durante transmisiones paralelas y determinar si el dispositivo inalámbrico de vigilancia ha causado una colisión en una transmisión entre otros dispositivos inalámbricos. En respuesta a una colisión detectada, el dispositivo inalámbrico de vigilancia puede cambiar un atributo de sus transmisiones, por ej. un descenso del nivel de potencia de transmisión, uso de una menor velocidad de datos de transmisión o cambio de la ranura de duración del espacio entre frames. En algunas realizaciones, en respuesta, el dispositivo inalámbrico de vigilancia puede solicitar un cambio en los atributos de transmisiones de otros dispositivos inalámbricos, por ej. solicitando un cambio en el programa.
- 40
- 45
- 50 Como ejemplo, la Figura 28 es un diagrama de tiempos que ilustra transmisiones entre los dispositivos inalámbricos N1 y N2 y transmisiones entre los dispositivos inalámbricos N3 y N4. El escenario ilustrado es el ejemplo de una secuencia de transmisiones en las que se puede producir una colisión. Las transmisiones se pueden producir vía una interfaz no celular. N1 y N3 pueden transmitir en paralelo, como se muestra en los frames Data 2 y Data 3, y N3 puede incluir un detector de colisión que realiza un proceso para determinar
- 55
- si la transmisión del frame Data 3 causa una colisión con la transmisión del frame Data 2 a N2. A tal efecto, el detector de colisión de N3, por ej. un módulo que opera como parte de su interfaz no celular, puede vigilar los intercambios entre N1 y N2. Si N2 recibe con éxito el frame Data 1, N2 transmite un frame de reconocimiento
- 60

(ACK) a N1. La señal ACK puede incluir un identificador de secuencia del frame Data 1 y N1 puede incrementar el identificador de secuencia en respuesta a la

señal ACK que indica la recepción satisfactoria. Si la señal ACK no se recibe, N1 en esta realización no incrementa el identificador de secuencia y se utiliza el mismo identificador de secuencia para retransmitir el frame Data 1. N1 puede utilizar el mismo procedimiento para transmitir Data 2. N3, monitorizando los
5 identificadores de secuencia o las señales ACK (por ej. ACK1 y ACK4), puede determinar si ha causado una colisión que ha evitado la recepción de las señales de N1 a N2, por ej. del frame Data 2.

En algunos casos, sin embargo, N3 no puede vigilar con éxito la señal ACK2 de N2 a N1 porque N3 recibe un reconocimiento ACK3 de N4 aproximadamente al mismo tiempo. En efecto, N3 puede perder varias señales de reconocimiento consecutivas (o la ausencia de estas) entre N1 y N2. En esta realización, N3 puede ser
10 capaz de deducir una colisión aunque se pierda un frame de reconocimiento o no consiga detectar la ausencia de este frame, por ej. debido a su recepción de un frame ACK al mismo tiempo o debido a la transmisión de un frame de datos al mismo tiempo.

El detector de colisión de N3 puede estar configurado para vigilar la señal ACK1, almacenar el identificador de secuencia de ACK1 en memoria, y utilizar este valor para determinar si la transmisión del frame Data 3 ha
15 causado una colisión aun cuando N3 se pierda ACK2. Por ejemplo, el detector de colisión de N3 puede vigilar un frame de reconocimiento posterior ACK4 entre los otros dispositivos inalámbricos N1 y N2 y deducir, en base a una diferencia entre los identificadores de secuencia de ACK1 y ACK4 si el frame Data 2 ha sido recibido por N2 o si la transmisión de N3 ha causado una colisión y ha impedido la recepción del frame Data
20 2. La comparación se puede realizar siguiendo los procesos de detección de colisiones que se describen más abajo.

Para utilizar el escaso espectro inalámbrico de forma más agresiva, algunas realizaciones pueden reducir el número de colisiones y detectar colisiones de forma relativamente fiable utilizando algunas de las técnicas aquí descritas. En una realización, se proporciona un proceso para detectar colisiones en una red
25 inalámbrica. El proceso puede incluir un primer dispositivo inalámbrico que envía un primer frame de datos a un segundo dispositivo inalámbrico en una primera ranura de tiempo, donde el primer frame de datos también puede incluir un número de secuencia.

El segundo dispositivo inalámbrico puede enviar un segundo frame de datos (por ej. una señal de reconocimiento ACK) al primer dispositivo inalámbrico en la primera ranura de tiempo para reconocer la
30 recepción con éxito del primer frame de datos, donde el segundo frame de datos también puede incluir el número de secuencia del primer frame de datos. En esta realización, el número de secuencia puede ser modificado por el primer dispositivo inalámbrico si la transmisión del primer frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en la primera ranura de tiempo se ha completado satisfactoriamente. Sin embargo, el
35 número de secuencia no es modificado por el primer dispositivo inalámbrico si la transmisión del primer frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en la primera ranura de tiempo no se ha completado satisfactoriamente. Por otra parte, un tercer dispositivo inalámbrico puede escuchar el número de secuencia en la primera ranura de tiempo del primer dispositivo inalámbrico o el segundo dispositivo inalámbrico, por ej. el tercer dispositivo inalámbrico puede recibir las transmisiones asociadas entre el primer y el segundo
40 dispositivo inalámbrico. El proceso incluye también un primer dispositivo inalámbrico que envía un tercer frame de datos a un segundo dispositivo inalámbrico en una segunda ranura de tiempo, donde el tercer frame de datos también puede incluir un número de secuencia. El segundo dispositivo inalámbrico puede enviar un cuarto frame de datos al primer dispositivo inalámbrico en la segunda ranura de tiempo para reconocer la
45 recepción con éxito del tercer frame de datos, donde el cuarto frame de datos también puede incluir el número de secuencia del tercer frame de datos. En esta realización, el número de secuencia es modificado por el primer dispositivo inalámbrico si la transmisión del tercer frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en la segunda ranura de tiempo se ha completado satisfactoriamente. Sin embargo, el número de secuencia no es modificado por el primer dispositivo inalámbrico si la transmisión del tercer frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en la segunda ranura de tiempo no se ha completado satisfactoriamente. En este ejemplo, el tercer dispositivo inalámbrico no escucha, por ej. no recibe, el número de secuencia en la
50 segunda ranura de tiempo del primer dispositivo inalámbrico o del segundo dispositivo inalámbrico. A continuación, en el presente proceso de ejemplo, el primer dispositivo inalámbrico puede enviar un quinto frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en una tercera ranura de tiempo, donde el quinto frame de datos también puede incluir el número de secuencia. El segundo dispositivo inalámbrico puede enviar un sexto frame de datos al primer dispositivo inalámbrico en la tercera ranura de tiempo para reconocer la
55 recepción satisfactoria del quinto frame de datos, donde el sexto frame de datos también puede incluir el número de secuencia del quinto frame de datos. El número de secuencia es modificado por el primer dispositivo inalámbrico si la transmisión del quinto frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en la tercera ranura de tiempo se ha completado satisfactoriamente. Sin embargo, el número de secuencia no es modificado por el primer dispositivo inalámbrico si la transmisión del quinto frame de datos al segundo dispositivo inalámbrico en la tercera ranura de tiempo no se ha completado satisfactoriamente. En este
60 proceso de ejemplo, el tercer dispositivo inalámbrico escucha el número de secuencia en la tercera ranura de

tiempo del primer dispositivo inalámbrico o del segundo dispositivo inalámbrico. Por último, el proceso incluye la decisión del tercer dispositivo inalámbrico de si el tercer frame de datos ha sido enviado satisfactoriamente por el primer dispositivo inalámbrico al segundo dispositivo inalámbrico en la segunda ranura de tiempo en base al valor del número de secuencia en la primera ranura de tiempo y en valor del número de secuencia en la tercera ranura de tiempo.

Utilizando el proceso anteriormente descrito, aunque el tercer dispositivo inalámbrico no esté escuchando durante la segunda ranura de tiempo, puede detectar cualquier colisión entre el primer dispositivo inalámbrico y el segundo dispositivo inalámbrico. En la segunda ranura de tiempo, el tercer dispositivo inalámbrico puede enviar un séptimo frame de datos a un cuarto dispositivo inalámbrico. A continuación, en la tercera ranura de tiempo, el tercer dispositivo inalámbrico puede escuchar la transmisión entre el primer dispositivo inalámbrico y el segundo dispositivo inalámbrico y puede determinar si el tercer dispositivo inalámbrico ha causado una colisión en la segunda ranura de tiempo, por ej. si se ha causado una colisión por la transmisión de una señal del tercer dispositivo inalámbrico que ha interferido en el intercambio entre el primer y el segundo dispositivo inalámbrico.

Si el tercer dispositivo determina que no ha causado una colisión en la segunda ranura de tiempo, entonces en respuesta, el tercer dispositivo inalámbrico puede continuar transmitiendo en paralelo con el primer dispositivo inalámbrico a la potencia y velocidad de transmisión con la que el tercer dispositivo inalámbrico haya estado transmitiendo datos en ese momento. Si el tercer dispositivo inalámbrico ha causado una colisión, el tercer dispositivo inalámbrico puede ajustar su velocidad y potencia para encontrar un equilibrio adecuado que permita que ambos flujos inalámbricos transcurran en paralelo, por ej. el tercer dispositivo inalámbrico puede reducir la velocidad a la que transmite datos o la potencia con la que transmite datos en respuesta a una determinación de que una transmisión anterior ha causado potencialmente una colisión con la transmisión entre el primer y el segundo dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, el tercer dispositivo inalámbrico también puede causar que el primer dispositivo inalámbrico ajuste su velocidad y potencia para facilitar la coexistencia, por ej. transmitiendo una señal, como un frame REQ, que solicite un ajuste del primer dispositivo inalámbrico. Por otra parte, en algunas realizaciones, en respuesta a la colisión, los dispositivos inalámbricos pueden intentar establecer un nuevo programa de acceso a los medios si el acceso concurrente no resulta viable, por ej. la señal transmitida por el tercer dispositivo inalámbrico en respuesta a la detección de una colisión puede ser recibida por los otros dispositivos inalámbricos, y cada uno de los dispositivos inalámbricos puede ajustar el programa de acceso a los medios en respuesta. En algunas realizaciones, esta técnica puede ser utilizada para mejorar la reutilización espacial del canal inalámbrico, aunque no todas las aplicaciones ofrecen necesariamente este beneficio. Los principios de la presente realización también pueden resultar particularmente útiles en escenarios en los que se utiliza el mismo espectro inalámbrico para el tráfico en enlace ascendente y en enlace descendente. También puede resultar útil para los dispositivos que pueden tanto transmitir frames inalámbricos o como recibir frames inalámbricos en un momento dado.

El número de secuencia podría tener solo un bit de longitud. También podría ser un número entero positivo que rota cíclicamente, por ej. un número que se restablece a cero cuando se incrementa hasta que ha alcanzado su valor máximo. La bibliografía existente en ocasiones clasifica los frames inalámbricos en frames de datos, de control y de gestión, como se ha expuesto anteriormente. En este documento, utilizamos la expresión frames de datos para incluir todos los tipos de frames inalámbricos. En algunas realizaciones, los dispositivos inalámbricos cercanos pueden utilizar mecanismos de escucha y detección de colisión, por ej. versiones de la realización anteriormente descrita, para valorar la presencia y ausencia de frames inalámbricos esperados en el canal inalámbrico, por ej. para deducir que se ha producido una colisión basada en la ausencia de un frame esperado o que no se ha producido una colisión basada en presencia de un frame. Los dispositivos inalámbricos pueden utilizar entonces esta información sobre la presencia y ausencia de frames inalámbricos para decidir si transmitir y/o permitir transmisiones en las ranuras de tiempo sucesivas.

Una versión de la presente técnica se ilustra en el siguiente ejemplo. En un proceso de transmisión de ejemplo, el número de secuencia es modificado secuencialmente por el primer dispositivo inalámbrico cada vez que una transmisión al segundo dispositivo inalámbrico en una ranura de tiempo se completa satisfactoriamente, por ej. en respuesta a la recepción de una señal de reconocimiento del segundo dispositivo inalámbrico. Por otra parte, el número de secuencia no es modificado secuencialmente por el primer dispositivo inalámbrico cada vez que una transmisión al segundo dispositivo inalámbrico en una ranura de tiempo no se completa satisfactoriamente, por ej. en respuesta a la ausencia de una señal de reconocimiento del segundo dispositivo inalámbrico en un periodo de tiempo. El tercer dispositivo inalámbrico puede decidir si un frame de datos, por ej. el tercer frame de datos en la descripción anterior, ha sido enviado con éxito por el primer dispositivo inalámbrico al segundo dispositivo inalámbrico en la segunda ranura de tiempo en base al valor del número de secuencia en la primera ranura de tiempo y el valor del número de secuencia en la tercera ranura de tiempo. En este ejemplo, dado que el primer dispositivo inalámbrico incrementa secuencialmente el número de secuencia, el tercer dispositivo inalámbrico puede decidir que el tercer frame de datos ha fracasado en la segunda ranura de tiempo si el valor del número de secuencia en la

primera ranura de tiempo y el valor del número de secuencia en la tercera ranura de tiempo difieren cíclicamente en uno. El tercer dispositivo inalámbrico también puede decidir que el tercer frame de datos ha prosperado en la segunda ranura de tiempo si el valor del número de secuencia en la primera ranura de tiempo y el valor del número de secuencia en la tercera ranura de tiempo difieren cíclicamente en dos.

- 5 En algunas realizaciones, N3, el dispositivo de vigilancia, puede incluir un detector de colisión que realiza un proceso mostrado por el pseudocódigo siguiente para detectar colisiones. El pseudocódigo puede ser codificado como un producto de programa informático en un medio tangible legible por ordenador de un dispositivo inalámbrico o, por ej. o incorporado a un circuito integrado, como una interfaz no celular, de un dispositivo inalámbrico. El pseudocódigo incluye un módulo llamado Channel_Measurement que está configurado para vigilar señales de reconocimiento de intercambios entre otros dispositivos inalámbricos y deducir los números de secuencia de intercambios perdidos o de lo que no se ha realizado un seguimiento, por ej. debido a que los otros dispositivos inalámbricos están intercambiando frames de reconocimiento aproximadamente al mismo tiempo que el dispositivo inalámbrico con el módulo Channel_Measurement recibe un frame de reconocimiento. Utilizando el módulo Channel_Measurement, en algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico puede vigilar, transmitir y, a continuación vigilar de nuevo para determinar si la transmisión ha causado una colisión 3000.

```

Channel_Measurement(rour, *Pour)
  oldSEQBit = Get_Next_SEQ_Bit();
20  while 1 do
    ourFlow = TX_Frame(rour, *Pour);
    newSEQBit = Get_Next_SEQ_Bit();
    if oldSEQBit == -1 || newSEQBit == -1 || newSEQBit == oldSEQBit
then
25    if ourFlow == NO_ACK then
      if *pour == MAX_POWER then
        return 0;
      end if
      *pour = *pour + 1;
30    else
      return 1;
    end if
    else
      return 0;
35    end if
    oldSEQBit = newSEQBit
  end while

```

- 40 En una realización, *oldSEQBit* puede almacenar un identificador de secuencia de un frame previamente vigilado, por ej. de ACK1 o Data 1. En una realización, el identificador de secuencia tiene un solo bit, aunque puede incluir más bits en otras realizaciones. El módulo puede llamar entonces al módulo TX_Frame para que transmita un frame, por ej. Data 3 en la Figura 28. Tras la transmisión, el módulo de esta realización puede vigilar el identificador de otra secuencia, por ej. de Data 4 o ACK 4, y almacenarlo en *newSEQBit*. El módulo puede determinar entonces si se ha causado una colisión comparando *newSEQBit* con *oldSEQBit*. Si los valores indican una colisión, entonces el módulo puede ajustar un atributo de transmisión del dispositivo inalámbrico, como los anteriores, incluyendo el programa, la velocidad de datos o la potencia de transmisión. Por ejemplo, en el escenario de la Figura 28, con un identificador de secuencia de un bit, el módulo puede determinar si *newSEQBit* es igual a *oldSEQBit* y deducir que no se ha producido una colisión, dado que el identificador de secuencia ha completado un ciclo de 1 a 0 a 1 o de 0 a 1 a 0, por ejemplo. En otras realizaciones, el número de secuencia puede tener más dígitos, por ej. 2 o más bits, y el

módulo puede determinar si newSEQBit es igual a oldSEQBit más un incremento para detectar si se ha producido una colisión.

5 En otras realizaciones, el identificador de secuencia puede haber aumentado de longitud para aumentar la solidez de la detección de colisiones. Por otra parte, en algunas realizaciones, las técnicas de vigilancia pueden ser variaciones de las anteriormente descritas para que las detecciones de colisiones sean más sólidas. Por ejemplo, las técnicas ilustradas en las Figuras 29-31 pueden ofrecer una detección de colisiones más robusta en ciertas topologías ilustradas.

10 El número de dispositivos inalámbricos aumenta rápidamente. A medida que aumenta el número de dispositivos inalámbricos, también lo hace el número de tipos de dispositivos inalámbricos. Hay varios tipos de dispositivos inalámbricos diferentes que participan en las redes inalámbricas. Cada dispositivo tiene sus propias limitaciones y capacidades. Por ejemplo, algunos dispositivos inalámbricos pueden ser enchufados a una toma eléctrica, mientras que otros se alimentan por baterías. Estos dispositivos inalámbricos pueden ser alimentados por una batería de alta capacidad mientras que otros son alimentados por baterías de menor capacidad. Algunos dispositivos inalámbricos habitualmente portados por los seres humanos, mientras que otros no son portados por seres humanos. Algunos dispositivos inalámbricos pueden ser instalados en vehículos y otros no. Las realizaciones de las presentes técnicas pueden establecer diferencias entre tipos de dispositivos inalámbricos.

20 En otra realización, se proporciona un proceso para establecer diferencias entre dispositivos inalámbricos. El proceso puede incluir un primer dispositivo inalámbrico que envía, por ej. transmite o emite a través de su interfaz celular o no celular, un frame de datos, donde el frame de datos incluye un campo de tipo. Un segundo dispositivo inalámbrico recibe el frame de datos y concluye el tipo de dispositivo del primer dispositivo inalámbrico en base al campo de tipo incluido en los datos. Como se ha mencionado anteriormente, por frame de datos entendemos todo tipo de frames inalámbricos. Por ejemplo, el frame inalámbrico puede ser una baliza emitida por dispositivos inalámbricos utilizando un mecanismo de balizamiento distribuido. Por ejemplo, el campo de tipo podría representar los siguientes tipos de dispositivo: 25 dispositivo inalámbrico portado por un ser humano, dispositivo inalámbrico no portado por un ser humano, dispositivo inalámbrico portado por un animal, dispositivo inalámbrico no portado por un animal, dispositivo inalámbrico integrado en un vehículo, dispositivo inalámbrico no integrado en un vehículo, dispositivo inalámbrico enchufado a la corriente en ese momento y dispositivo inalámbrico no enchufado a la corriente en ese momento. En una red inalámbrica con diferentes tipos de dispositivos inalámbricos, la información del tipo de dispositivo resultará útil. En las redes móviles multisalto, esta información resulta particularmente útil porque las decisiones de salto se pueden basar en esta información, como se ha expuesto anteriormente, aunque no todas las realizaciones realizan el proceso aquí descrito. Por ejemplo, un dispositivo inalámbrico 30 alimentado por una batería de gran tamaño puede ser una mejor opción de salto que un dispositivo inalámbrico con una batería más pequeña. Como se pone de manifiesto en este ejemplo, esto beneficiará tanto al dispositivo que salta como al dispositivo al que se salta. Por otra parte, una de nuestras realizaciones relacionadas anteriormente mencionadas de la presente invención capacitan a los dispositivos inalámbricos para permitir o rechazar individualmente el salto en base a ciertos factores en el estado del dispositivo en ese momento.

40 En algunas realizaciones, el campo del tipo de dispositivo puede indicar si el dispositivo es del tipo que sería portado por un ser humano, por ej. un teléfono móvil o un ordenador portátil, y este campo se puede utilizar para las decisiones de salto. Por ejemplo, un dispositivo inalámbrico puede determinar que su tipo de dispositivo es el tipo portado por humanos y ajustar los mencionados factores límite para determinar si saltar a otro dispositivo hará más probable que el dispositivo inalámbrico salte a otro dispositivo. En algunas 45 realizaciones, esto puede tender a reducir la cantidad de radiación electromagnética a la que está expuesta la persona que opera el dispositivo inalámbrico, dado que se espera que los dispositivos inalámbricos transmitan a más baja potencia al saltar a un dispositivo intermedio en comparación con una conexión directa a una estación base celular.

50 Los principios de las presentes invenciones podrían ser utilizados para varias aplicaciones, como el ahorro de energía, la facilitación del flujo de tráfico de vehículos en un cruce de tráfico, etc. Un proceso de ejemplo 2500 se ilustra en la Figura 25A y una realización de ejemplo de un aparato controlado inalámbricamente 2520 que tiene un dispositivo inalámbrico 2522 y un controlador 2554 se muestra en la Figura 25B. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 2522 se puede conectar al controlador del aparato eléctrico 2524, donde el dispositivo inalámbrico 2522 que recibe el frame que indica el tipo de dispositivo puede detectar el tipo de dispositivo de un primer dispositivo inalámbrico 2518, basado en el campo del tipo incluido en el frame, como se muestra en 55 el paso 2510. El frame que indica el tipo de dispositivo puede ser una baliza, como una señal de estado del nodo, que puede ser recibida por la interfaz no celular del dispositivo inalámbrico 2522. El segundo dispositivo inalámbrico 2522 puede entonces, en respuesta, encender o apagar el aparato eléctrico 2520 en base al tipo de dispositivo detectado del primer dispositivo inalámbrico 2518, como se muestra en los pasos 60 2512 y 2514. Por ejemplo, si el primer dispositivo inalámbrico 2518 es un dispositivo inalámbrico normalmente portado por un ser humano, por ej. un teléfono móvil, y recientemente ha resultado

inalámbicamente visible para el controlador del aparato eléctrico, el controlador del aparato eléctrico podría encender las luces, el HVAC, ajustar un termostato, abrir una puerta, etc. El controlador del aparato eléctrico 2524 puede continuar controlando las transmisiones del primer dispositivo inalámbrico 2518, por ej. periódicamente, por ej. cada 100 milisegundos, y si el controlador del aparato eléctrico continúa detectando la presencia del primer dispositivo inalámbrico, puede que no emprenda ninguna acción, en algunas realizaciones. De forma similar, cuando el mecanismo de detección inalámbrico agota el tiempo, por ej. el controlador del aparato eléctrico deja de recibir transmisiones del primer dispositivo inalámbrico, y este no se renueva, el controlador del aparato eléctrico puede apagar las luces, el HVAC, ajustar el termostato o cerrar una puerta, etc. En algunas realizaciones, el controlador del aparato eléctrico puede ignorar a otros dispositivos inalámbricos cercanos que normalmente no son portados por seres humanos. Se espera que algunas realizaciones ayuden a ahorrar electricidad. Los interruptores manuales se pueden utilizar en algunas realizaciones para restaurar falsas alarmas.

En otra realización, ilustrada en las Figuras 26A y B, una señal de tráfico 2602 tiene luces 2604 y un dispositivo inalámbrico 2610 acoplado a un controlador de semáforos 2612 y que tiene múltiples antenas receptoras 2614, 2616, 2618. El dispositivo inalámbrico ilustrado 2610 es capaz de detectar, por ej. estimar, la distancia y la dirección de dispositivos inalámbricos cercanos 2620. El controlador de semáforos 2612 puede recibir del dispositivo inalámbrico 2610 el frame indicador del tipo emitido por el primer dispositivo inalámbrico 2620, como se muestra en el paso 2624 del proceso 2622, y detectar el tipo de dispositivo del primer dispositivo inalámbrico basándose en el campo de tipo incluido en el frame, como se muestra en el paso 2626. Si el tipo del primer dispositivo inalámbrico indica que el dispositivo inalámbrico es un vehículo o un peatón (por ej. está asociado con el mismo), el controlador de semáforos 2612 puede detectar la dirección del primer dispositivo inalámbrico 2620, basándose en la dirección desde la que se recibió el frame de datos utilizando ciertas técnicas, y el controlador 2612 puede determinar si el dispositivo inalámbrico 2620 está en el carril de tráfico gestionado por la luz 2604, como se muestra en el paso 2628. Por ejemplo, el controlador de semáforos 2612 puede determinar la dirección desde la que se recibió el frame de datos comparando las señales recibidas de cada una de las antenas del segundo dispositivo inalámbrico o utilizando información de encabezamiento codificada en la baliza desde el primer dispositivo inalámbrico 2620, como se describe más abajo. El controlador de semáforos también puede detectar, por ej. estimar, la proximidad del primer dispositivo inalámbrico en base a la intensidad de la señal, la calidad de la señal, o la calidad de la métrica del servicio con la que se recibió el frame. El controlador de semáforos puede entonces, en respuesta, utilizar la proximidad, la dirección y la información del tipo de dispositivo para controlar los correspondientes semáforos en consecuencia, como se muestra en el paso 2630, por ej. el controlador de semáforos puede incrementar un contador por cada dispositivo inalámbrico detectado que indica un vehículo esperando en el semáforo en un cruce particular y mirando en una dirección particular, como hacia el semáforo, y el controlador de semáforos puede ajustar el tiempo de una luz roja o una luz verde en respuesta al recuento, por ej. aumentando el tiempo de luz verde para el tráfico de una calle cuando se ha producido un alto recuento y reduciendo el tiempo de luz verde de una calle cuando se detecta poco tráfico. Los principios de las presentes invenciones también pueden resultar muy útiles para regular el flujo de tráfico en cruces. Por otra parte, los principios de las presentes invenciones podrían resultar particularmente útiles a primera hora de la mañana y a última hora de la noche.

En otras realizaciones, el proceso puede incluir un primer dispositivo inalámbrico que transmite una baliza y un segundo terminal inalámbrico que recibe la baliza y reenvía los datos codificados, o comunicados de otro modo, por la baliza a un controlador de semáforos. El controlador de semáforos puede recibir la parte reenviada (o la totalidad) de la baliza y utilizar los datos reenviados para realizar al menos una de las acciones siguientes: vigilar vehículos, regular vehículos, dirigir vehículos, controlar vehículos, vigilar personas, regular personas, dirigir personas, controlar personas y controlar semáforos. Por ejemplo, el controlador de semáforos puede responder a la recepción de los datos reenviados incrementando un contador en memoria asociado con un recuento de vehículos para la vigilancia del tráfico. O el controlador de semáforos puede responder a la baliza ajustando los tiempos de las luces, como se ha mencionado anteriormente. En algunas realizaciones, el controlador de semáforos puede registrar la presencia de un dispositivo inalámbrico particular almacenando un identificador del dispositivo en memoria para vigilar personas o el controlador de semáforos puede cambiar el estado de una señal de tráfico para dirigir el tráfico de una carretera colapsada o una carretera con escaso tráfico. En algunas realizaciones, el primer dispositivo inalámbrico está asociado con una de las opciones siguientes: un vehículo, un dispositivo integrado en un vehículo, una persona y un dispositivo portado por una persona. Por otra parte, el segundo dispositivo inalámbrico puede estar colocado, por ej. a una proximidad fija y cercana al controlador de semáforos. También, el controlador de semáforos puede comunicarse con otros controladores de semáforos para gestionar mejor el tráfico de vehículos. Por ejemplo, un primer controlador de semáforos puede contar el número de vehículos que pasan en una dirección particular en una unidad de tiempo para estimar una tasa de flujo de tráfico, y el primer controlador de semáforos puede transmitir un valor indicativo de la tasa de flujo de tráfico a un controlador de semáforos en sentido ascendente, que puede recibir el valor y responder ajustando los tiempos de una señal controlada por el segundo controlador de semáforos de forma que sea más probable que la alta tasa de flujo de tráfico se encuentre una luz verde. Además, la baliza (por ej. en el

campo del tipo de dispositivo) puede incluir información sobre al menos uno de los aspectos siguientes: tipo del primer terminal inalámbrico, intención (por ej. ruta esperada introducida en una aplicación de mapas o el estado de un intermitente [es decir, si la señal de intermitente parpadea a la izquierda o a la derecha] del vehículo, dirección del vehículo [por ej. norte, sur, este u oeste]) del primer terminal inalámbrico, y número de terminales inalámbricos cercanos al primer terminal inalámbrico. En lugar de balizas, en otras realizaciones, el primer terminal inalámbrico puede usar otros medios de comunicación inalámbrica para comunicarse con el segundo terminal inalámbrico y el controlador de semáforos. Por ejemplo, el controlador de semáforos puede cambiar en base a una combinación de campos codificados en la baliza, por ej. la señal de tráfico puede cambiar la duración de una luz en base a una combinación de posición, orientación y estado del intermitente o destino del GPS para tener en cuenta la intención expresada por los conductores de girar a la izquierda, a la derecha o seguir recto en un cruce.

La Figura 27 es una vista esquemática generalizada de una realización de un sistema de transporte 2701, donde el sistema de transporte tiene la capacidad de detectar la presencia de vehículos 2702, donde cada uno de ellos tiene un terminal inalámbrico, como el terminal inalámbrico expuesto anteriormente por referencia a la Figura 26. En esta realización, el sistema de transporte 2701 incluye un controlador de semáforos regional 2703 que tiene una conexión de red por cable o inalámbrica 2704 con varios semáforos 2705 e intersecciones de semáforos 2706. La conexión de red por cable o inalámbrica 2704 puede ser utilizada para el intercambio de datos entre el controlador de semáforos regional y los semáforos 2705, como los semáforos 2602 de la Figura 26. Los datos pueden ser utilizados para monitorizar, regular, controlar y dirigir el tráfico de vehículos y peatones, por ej. de la manera descrita por el proceso 2622 de la Figura 26. La intersección de semáforos 2722 es una de varias en la región del sistema de transporte 2701. Los semáforos 2724 (componentes individuales de los semáforos 2705) regulan el tráfico en las intersecciones de semáforos 2722 (componentes individuales de las intersecciones). El semáforo 1024 y la intersección de semáforos 1022 de esta realización están conectados por un enlace por cable o inalámbrico 1030 al controlador de semáforos regional 2704 a través de la conexión de red 2704 o directamente. En enlace inalámbrico 2730 podría ser una conexión celular, por ejemplo. Los vehículos (o peatones) 2728 ocasionalmente transmiten balizas 2726. Las balizas 2726 pueden ser recibidas por los semáforos 2724. Los semáforos 2724 pueden recoger balizas de otros vehículos y también peatones cercanos. Los vehículos pueden tener instalados subsistemas inalámbricos y los peatones pueden portar dispositivos inalámbricos móviles. Las balizas transmitidas por los vehículos y peatones pueden ser utilizadas para monitorizar, regular, controlar y dirigir los vehículos, automóviles, peatones, animales y máquinas. Las balizas también podrían incluir la intención de un vehículo o peatón, como girar a la izquierda, girar a la derecha, seguir el rumbo de una brújula, urgencia, emergencia y otras situaciones especiales. Los terminales inalámbricos que tienen solapamiento de funcionalidad con el primer terminal inalámbrico pueden agregar información sobre los vehículos y peatones cercanos e incluir esa información en las balizas que transmiten. Los terminales inalámbricos que tienen solapamiento de funcionalidad con el primer terminal inalámbrico pueden agregar información sobre los vehículos y peatones cercanos en una dirección específica e incluir esa información en las balizas que transmiten. Más aun, los semáforos puede utilizar técnicas de crowd-sourcing cuando recopilan información de las balizas para reducir errores, por ej. si una pluralidad de coches indican alguna anomalía, solamente en respuesta, en este ejemplo, el semáforo puede emprender acciones, por ej. cambiando el tiempo de la luz. Las luces de tráfico también pueden incluir valores de confianza y tamaños de muestras para la información recopilada a fin de indicar su fiabilidad. Tras recopilar y juntar la información recibida por las balizas y otras comunicaciones inalámbricas de los vehículos y peatones cercanos, los semáforos e intersecciones de semáforos pueden enviar la información al controlador de semáforos regional. En algunas realizaciones, estos pueden retener y enviar solo ciertas partes de la balizas y utilizar técnicas de reducción de la dimensionalidad sin causar pérdidas de información útil. A pesar de que enviar paquetes completos de información recopilada de los diversos vehículos y peatones al controlador de semáforos regional puede resultar útil, elegir las partes útiles puede ayudar a ahorrar ancho de banda de la red. El controlador de semáforos regional puede recibir información localizada en tiempo real de los vehículos y peatones, tal y como se ha descrito anteriormente por enlaces por cable e inalámbricos. El controlador de semáforos regional puede utilizar entonces, en respuesta, la información proporcionada para comunicarse con otros controladores de semáforos a fin de calcular un programa de enrutamiento del tráfico mejorado (en comparación con los sistemas convencionales), dados los niveles actuales de congestión, las necesidades de los vehículos y peatones, la hora del día, la complejidad de la solución, la seguridad de implementación y despliegue del nuevo programa de enrutamiento, y la fiabilidad de la información recopilada. Si se establece un programa de enrutamiento de tráfico y vehículos mejorado para una región localizada o una región de gran escala, el programa puede entonces ser enviado a los semáforos a través del enlace por cable o inalámbrico. Los semáforos pueden funcionar entonces de acuerdo con el nuevo programa de enrutamiento. Se espera que las realizaciones de la presente técnica reduzcan la congestión del tráfico en las carreteras en comparación con otros sistemas. Por otra parte, las realizaciones se pueden repetir ocasionalmente, por ej. periódicamente, como cada 10 minutos, para adaptar el programa de enrutamiento del tráfico a las condiciones cambiantes.

Aunque el método, el dispositivo inalámbrico y el producto del programa informático se describen en relación con diversas realizaciones, no se pretende que se limiten a las formas especificadas aquí expuestas, sino que, por el contrario, se espera cubrir aquellas alternativas, modificaciones y equivalentes que puedan ser razonablemente incluidas en el alcance de la invención definidas por las reivindicaciones adjuntas.

5

10

15

20

25

30

35

40

REIVINDICACIONES

1. Un método para transmitir datos en una red que incluye una parte celular y una parte no celular multisalto, donde el método consiste en lo siguiente:

5 determinar, en un primer dispositivo móvil de retransmisión (103A, 103B), que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) estará disponible como relé para otros dispositivos móviles (103C, 103D) en la red, donde, en la parte no celular, los dispositivos inalámbricos son capaces de formar conexiones inalámbricas con otros dispositivos inalámbricos independientes de una estación base celular (101).

10 en respuesta a la determinación de que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) estará disponible como relé, transmitir, desde una interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), una primera señal de estado del nodo que indica la disponibilidad del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red;

15 recibir, con una interfaz no celular (211) de un dispositivo móvil originador (103C,D), la primera señal de estado del nodo transmitida desde el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), donde el dispositivo móvil originador (103C,D) incluye la interfaz no celular (211) y una interfaz celular (210), y donde la interfaz no celular (211) del dispositivo móvil originador (103C,D) está conectada a un primer transceptor del dispositivo móvil originador (103C,D) y la interfaz celular (210) del dispositivo móvil originador (103C,D) está conectada a un segundo transceptor del dispositivo móvil originador (103C,D);

20 determinar, en el dispositivo móvil originador (103C,D), en base a la primera señal de estado del nodo, que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a una estación base (101) de una red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red; y

en respuesta a la determinación de que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B):

25 transmitir datos en enlace ascendente, para la transmisión a la estación base (101) desde el dispositivo móvil originador (103C,D), a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); o

recibir datos en enlace descendente, desde la estación base (101), en el dispositivo móvil originador (103C,D), a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

30 2. El método de la reivindicación 1, donde el paso de determinar que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red, que consiste en lo siguiente:

detectar con el dispositivo móvil originador (103C,D) una primera intensidad de señal celular de la estación base (101);

detectar con el dispositivo móvil originador (103C,D) una segunda intensidad de señal celular de otra estación base (101); y

35 basado en una comparación de la primera intensidad de señal celular con la segunda intensidad de señal celular, determinar, en el dispositivo móvil originador (103C,D), que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red y donde la interfaz no celular (211) es una interfaz WiFi.

3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-2 que consiste en lo siguiente:

40 determinar, en un segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A, B) que el segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se ofrecerá como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red;

45 en respuesta a la determinación de que el segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) estará disponible como relé, transmitir, desde una interfaz no celular (211) del segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), una segunda señal de estado del nodo que indica la disponibilidad del segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red;

recibir, con la interfaz no celular (211) del dispositivo móvil originador (103C,D), la segunda señal de estado del nodo transmitida desde el segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); y

50 donde el paso de determinar que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) comprende la comparación, en el dispositivo móvil originador (103C,D), de la información basada en la primera señal de estado del nodo con la información basada en la segunda señal de estado del nodo, para seleccionar entre el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) y el segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

4. El método de la reivindicación 3 que comprende:

detectar, en el dispositivo móvil originador (103C,D) un deterioro de la conexión inalámbrica entre el dispositivo móvil originador (103C, D) y el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), o un deterioro de la conexión inalámbrica entre el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) y la estación base (101); y

determinar, en el dispositivo móvil originador (103C,D), en base al deterioro detectado, que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del segundo dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) y no del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-4 donde el paso de determinar, en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se ofrecerá como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red comprende que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) determine ofrecerse como relé en base a:

un valor indicativo de la intensidad de señal celular de las señales celulares de la estación base (101) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de la calidad de señal celular de las señales celulares de la estación base (101) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

las señales de estado del nodo recibidas de otros dispositivos móviles (103C,D) de la red en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de la intensidad de señal no celular de las señales no celulares del dispositivo móvil originador (103C,D) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de la calidad de señal no celular de las señales no celulares del dispositivo móvil originador (103C,D) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B)

un valor indicativo de un precio por el servicio celular abonado por un usuario asociado con el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de la cantidad de energía almacenada por el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un tipo de fuente de alimentación del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); un número de antenas conectadas a una interfaz celular del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A, B);

un valor indicativo del movimiento del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); un valor indicativo de la hora del día;

un valor indicativo del número de saltos entre la estación base (101) y el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible para la comunicación inalámbrica con la estación base por parte del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el paso de determinar, en el dispositivo móvil originador (103C,D) en base a la primera señal de estado del nodo, que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a una estación base (101) de una red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red, comprende:

extraer de la primer señal de estado del nodo una primera intensidad de señal celular, donde primera intensidad de señal celular cuantifica la intensidad de las señales celulares de la estación base (101) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) o en un dispositivo móvil colector a través del cual el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se conecta inalámbricamente a la estación base (101);

medir una segunda intensidad de señal celular en el dispositivo móvil originador (103C,D);

y

determinar que la primera intensidad de señal celular supera a la intensidad de la segunda intensidad de señal celular en más de una cantidad umbral.

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6 que consiste en lo siguiente:

determinar, en un dispositivo móvil colector, que el dispositivo móvil colector se ofrecerá como colector para otros dispositivos móviles de la red; y

en respuesta a la determinación de que el dispositivo móvil colector se ofrecerá como colector, transmitir, desde una interfaz no celular (211) del dispositivo móvil colector, una tercera señal de estado del nodo, donde la tercera señal de estado del nodo comprende datos indicativos de: la disponibilidad del dispositivo móvil colector como colector;

- 5 una intensidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo móvil colector;
una calidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo móvil colector;
una identidad del operador de la red móvil que opera la estación base (101); un número de antenas conectadas a una interfaz celular del dispositivo móvil colector; el movimiento del dispositivo móvil colector;
10 un tipo de fuente de alimentación del dispositivo móvil colector; y una potencia de transmisión no celular del dispositivo móvil colector.

8. El método de la reivindicación 7, donde:

el paso de determinar, en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se ofrecerá como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red, comprende:

- 15 recibir, con la interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), la tercera señal de estado del nodo transmitida desde el dispositivo móvil colector;

determinar, en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), en base a la tercera señal de estado del nodo, que el primer dispositivo móvil de retransmisión se conectará inalámbricamente a la estación base de la red móvil a través del dispositivo móvil colector de la red; y

- 20 el paso de transmitir, desde la interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), la primera señal de estado del nodo que indica la disponibilidad del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red, comprende la transmisión, en la primera señal de estado del nodo, de datos indicativos de:

un número de saltos entre el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) y la estación base (101);

- 25 una intensidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo móvil colector;
una calidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo móvil colector;
una identidad del operador de la red móvil que opera la estación base (101);
un número de antenas conectadas a una interfaz celular del dispositivo móvil colector; el movimiento del dispositivo móvil colector;

- 30 un tipo de fuente de alimentación del dispositivo móvil colector (103A,B);
un tipo de fuente de alimentación del dispositivo móvil colector; y una potencia de transmisión no celular del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8 que comprende la transmisión de los datos de enlace ascendente, donde el paso de transmitir los datos de enlace ascendente para la transmisión a la estación base (101) desde el dispositivo móvil originador (103C,D) a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), comprende:

- 35 obtener en el dispositivo móvil originador una clave de seguridad basada en un identificador de seguridad celular asociado al dispositivo móvil originador (103C,D), donde la clave de seguridad es recibida desde la red móvil asociada con la estación base (101);

- 40 cifrar con el dispositivo móvil originador (103C,D) los datos de enlace ascendente, para la transmisión a la estación base, con la clave de seguridad para formar datos cifrados;

transmitir los datos cifrados a través de la interfaz no celular (211) del dispositivo móvil originador (103C,D) a la interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión; y transmitir los datos cifrados a través de una interfaz celular (210) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) a la estación base (101).

- 45 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde el paso de transmitir, desde la interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), la primera señal de estado del nodo que indica la disponibilidad del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red, comprende la emisión periódica de la primera señal de estado del nodo como frame de baliza.
50

11. Una red que incluye una parte celular y una parte no celular multisalto, donde la red comprende lo siguiente:

un primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) configurado para:

5 determinar que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se ofrecerá como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red;

10 en respuesta a la determinación de que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) estará disponible como relé, transmitir, desde una interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), una primera señal de estado del nodo que indica la disponibilidad del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red; un dispositivo móvil originador (103C,D) configurado para:

15 recibir, con una interfaz no celular (211) del dispositivo móvil originador (103C,D), la primera señal de estado del nodo transmitida desde el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), donde el dispositivo móvil originador (103C,D) incluye la interfaz no celular (211) y una interfaz celular (210), y donde la interfaz no celular (211) del dispositivo móvil originador (103C,D) está conectada a un primer transceptor del dispositivo móvil originador (103C,D) y la interfaz celular (210) del dispositivo móvil originador (103C,D) está conectada a un segundo transceptor del dispositivo móvil originador (103C,D);

20 determinar, en el dispositivo móvil originador (103C,D), en base a la primera señal de estado del nodo, que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a una estación base (101) de una red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red; y en respuesta a la determinación de que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B):

transmitir datos en enlace ascendente, para la transmisión a la estación base (101) desde el dispositivo móvil originador (103C,D), a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); o

25 recibir datos en enlace descendente, desde la estación base (101), en el dispositivo móvil originador (103C,D), a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

12. La red de la reivindicación 11, donde el paso de determinar que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red, que consiste en lo siguiente:

30 detectar con el dispositivo móvil originador (103C,D) una primera intensidad de señal celular de la estación base (101);

detectar con el dispositivo móvil originador (103C,D) una segunda intensidad de señal celular de otra estación base (101); y

35 en base a una comparación de la primera intensidad de señal celular con la segunda intensidad de señal celular, determinar, en el dispositivo móvil originador (103C,D), que el dispositivo móvil originador (103C,D) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) de la red.

40 13. La red de cualquiera de las reivindicaciones 11-12 donde el paso de determinar, en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se ofrecerá como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red comprende que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) determine ofrecerse como relé en base a:

un valor indicativo de la intensidad de señal celular de las señales celulares de la estación base (101) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de la calidad de señal celular de las señales celulares de la estación base (101) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

45 las señales de estado del nodo recibidas de otros dispositivos móviles (103C,D) de la red en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de la intensidad de señal no celular de las señales no celulares del dispositivo móvil originador (103C,D) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

50 un valor indicativo de la calidad de señal no celular de las señales no celulares del dispositivo móvil originador (103C,D) en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

un valor indicativo de un precio por el servicio celular abonado por un usuario asociado con el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B);

- un valor indicativo de la cantidad de energía almacenada por el primer dispositivo móvil de retransmisión (103 A,B);
- un tipo de fuente de alimentación del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); un número de antenas conectadas a una interfaz celular del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A, B);
- 5 un valor indicativo del movimiento del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); un valor indicativo de la hora del día;
- un valor indicativo del número de saltos entre la estación base (101) y el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B); y
- 10 un valor indicativo de una cantidad de ancho de banda disponible para la comunicación inalámbrica con la estación base (101) por parte del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).
14. La red de cualquiera de las reivindicaciones 11-13 que consiste en lo siguiente:
- un dispositivo móvil colector configurado para realizar operaciones que comprenden:
- determinar que el dispositivo móvil colector se ofrecerá como colector para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red; y
- 15 en respuesta a la determinación de que el dispositivo móvil colector se ofrecerá como colector, transmitir, desde una interfaz no celular (211) del dispositivo móvil colector, una tercera señal de estado del nodo, donde la tercera señal de estado del nodo comprende datos indicativos de:
- la disponibilidad del dispositivo móvil colector como colector; la intensidad de señal de las señales celulares de la estación base en el dispositivo celular colector;
- 20 la calidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo celular colector;
- la identidad del operador de la red móvil que opera la estación base (101); el número de antenas conectadas a una interfaz celular del dispositivo móvil colector;
- el movimiento del dispositivo móvil colector;
- un tipo de fuente de alimentación del dispositivo móvil colector; y una potencia de transmisión no celular del
- 25 dispositivo móvil colector.
15. La red de la reivindicación 14, donde:
- el paso de determinar, en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se ofrecerá como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red, comprende:
- 30 recibir, con la interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), la tercera señal de estado del nodo transmitida desde el dispositivo móvil colector;
- determinar, en el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), en base a la tercera señal de estado del nodo, que el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) se conectará inalámbricamente a la estación base (101) de la red móvil a través del dispositivo móvil colector de la red; y
- 35 el paso de transmitir, desde la interfaz no celular (211) del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B), la primera señal de estado del nodo que indica la disponibilidad del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) como relé para otros dispositivos móviles (103C,D) de la red, comprende la transmisión, en la primera señal de estado del nodo, de datos indicativos de:
- un número de saltos entre el primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B) y la estación base (101);
- 40 una intensidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo móvil colector;
- una calidad de señal de las señales celulares de la estación base (101) en el dispositivo móvil colector;
- una identidad del operador de la red móvil que opera la estación base (101);
- un número de antenas conectadas a una interfaz celular del dispositivo móvil colector; el movimiento del dispositivo móvil colector;
- 45 un tipo de fuente de alimentación del dispositivo móvil colector (103A,B);
- un tipo de fuente de alimentación del dispositivo móvil colector; y una potencia de transmisión no celular del primer dispositivo móvil de retransmisión (103A,B).

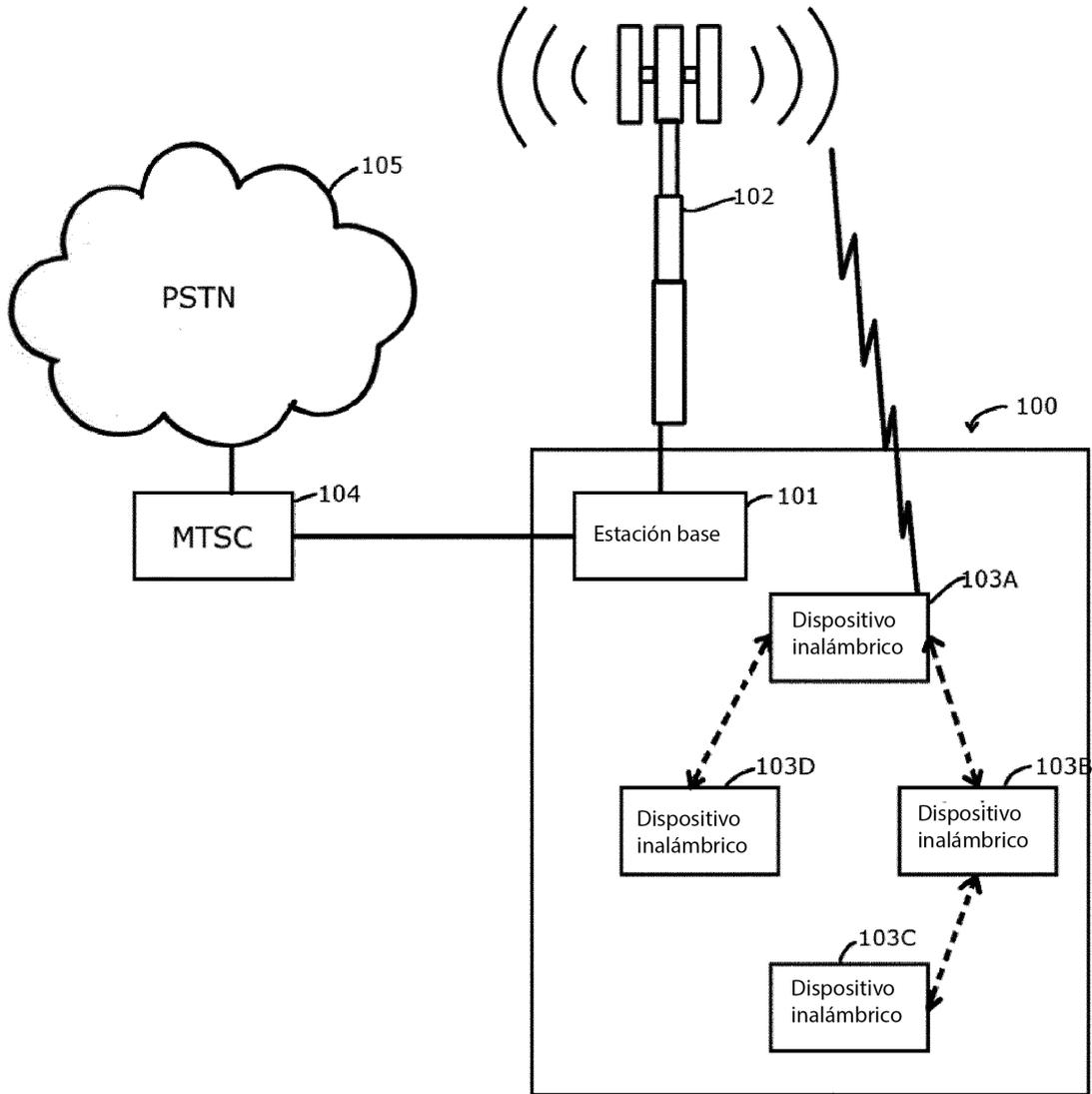


Fig. 1

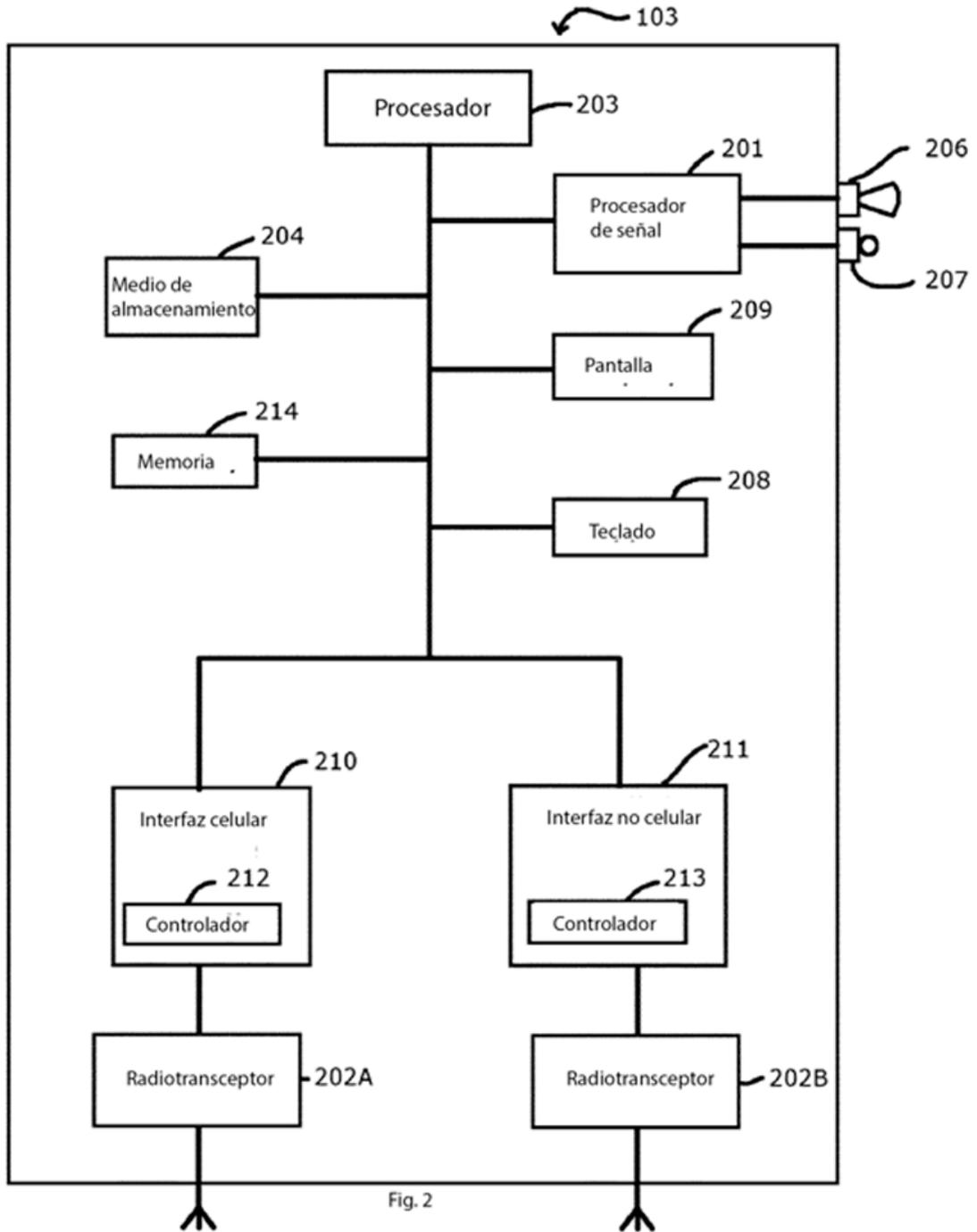


Fig. 2

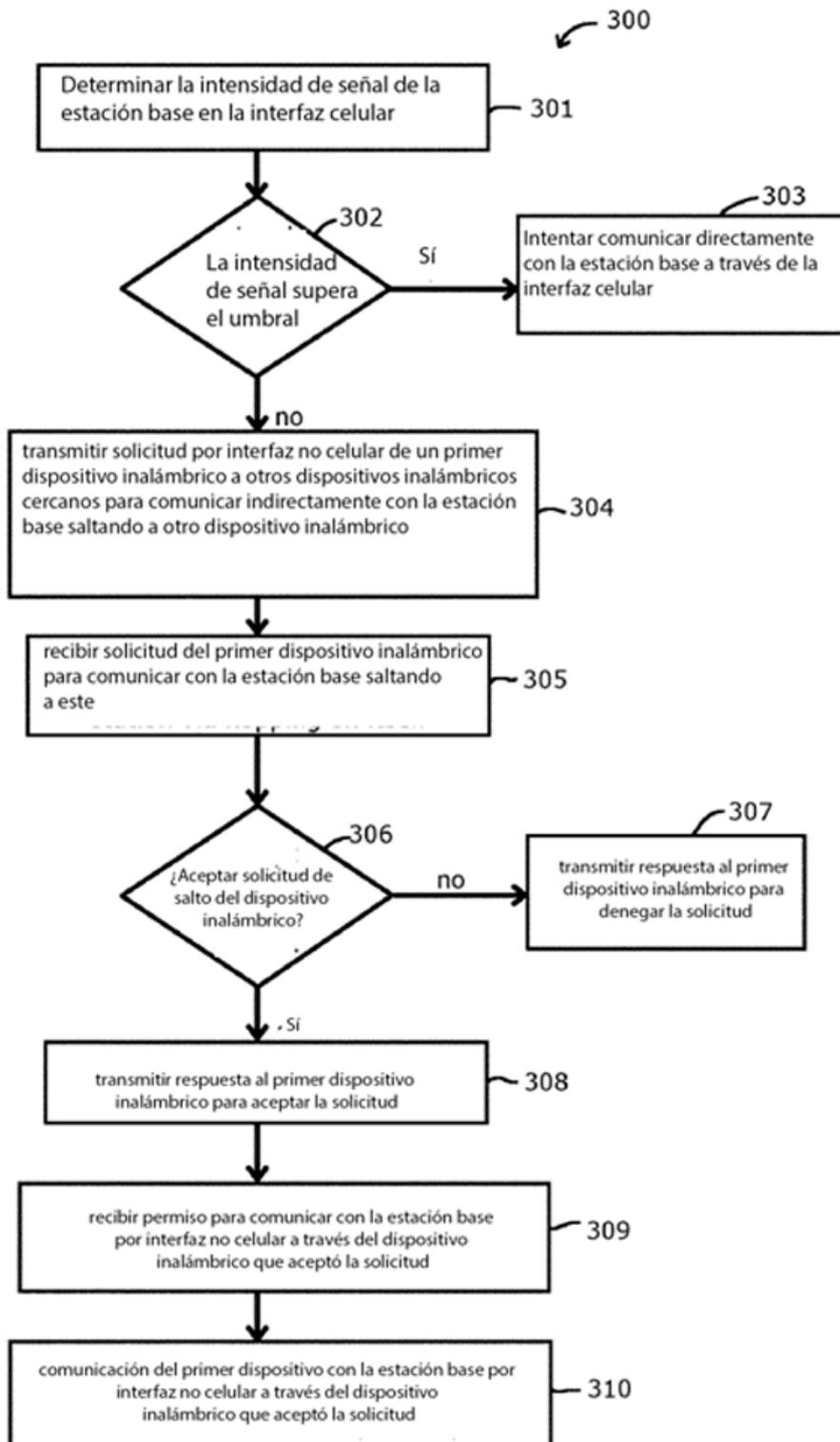


Fig. 3

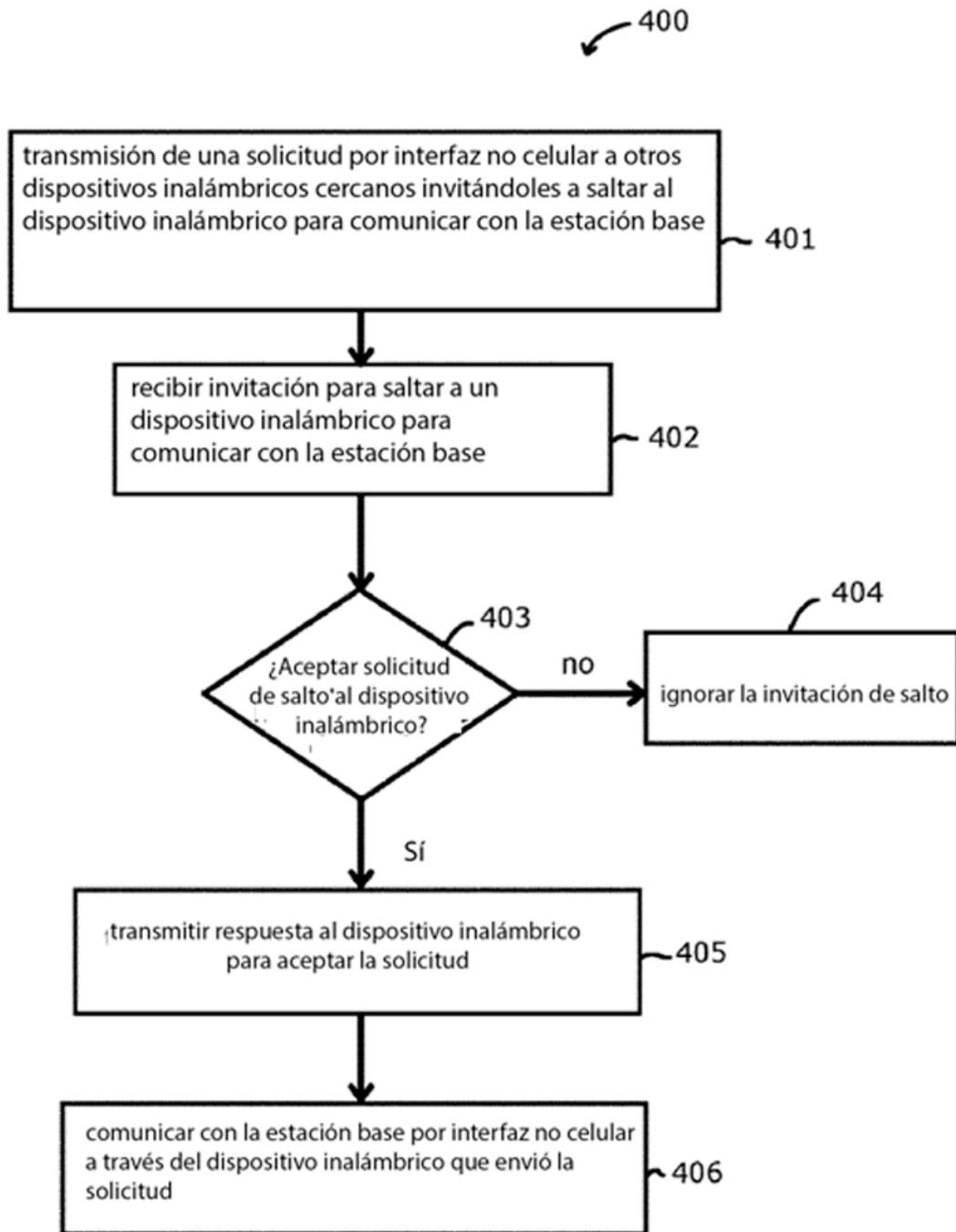


Fig. 4

Factores considerados por los terminales inalámbricos: si el primer terminal inalámbrico actúa como relé o colector, la calidad de los nodos colectores y relés cercanos, la cantidad de los nodos colectores y relés cercanos, la vida de la batería, la fuente de alimentación, el rendimiento medio, el uso de ancho de banda, las necesidades de ancho de banda, la disponibilidad de ancho de banda, el tipo de dispositivo, el nivel de movilidad, la hora del día, las tarifas de suscripción, el perfil del usuario, la intensidad y la calidad de la señal no celular, la intensidad y calidad de la señal celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz no celular, el nivel de interferencia inalámbrica experimentada por la interfaz celular, el número de saltos a un nodo colector y el entorno inalámbrico circundante.

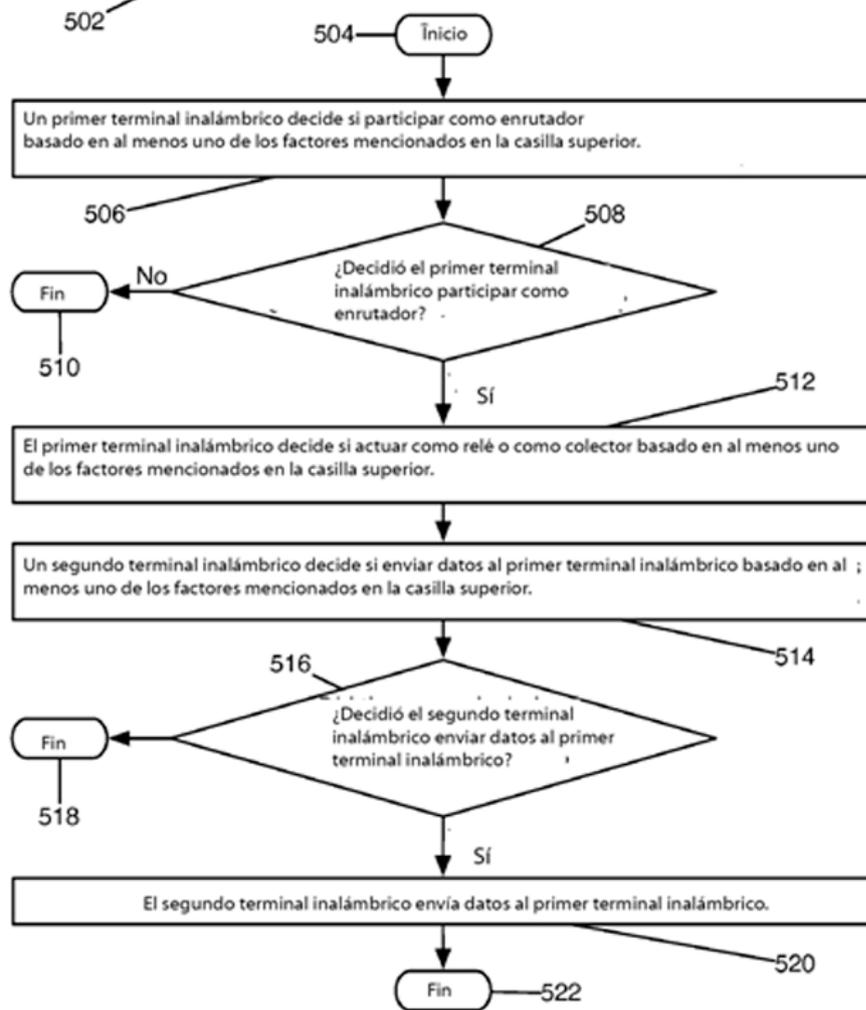


Fig. 5

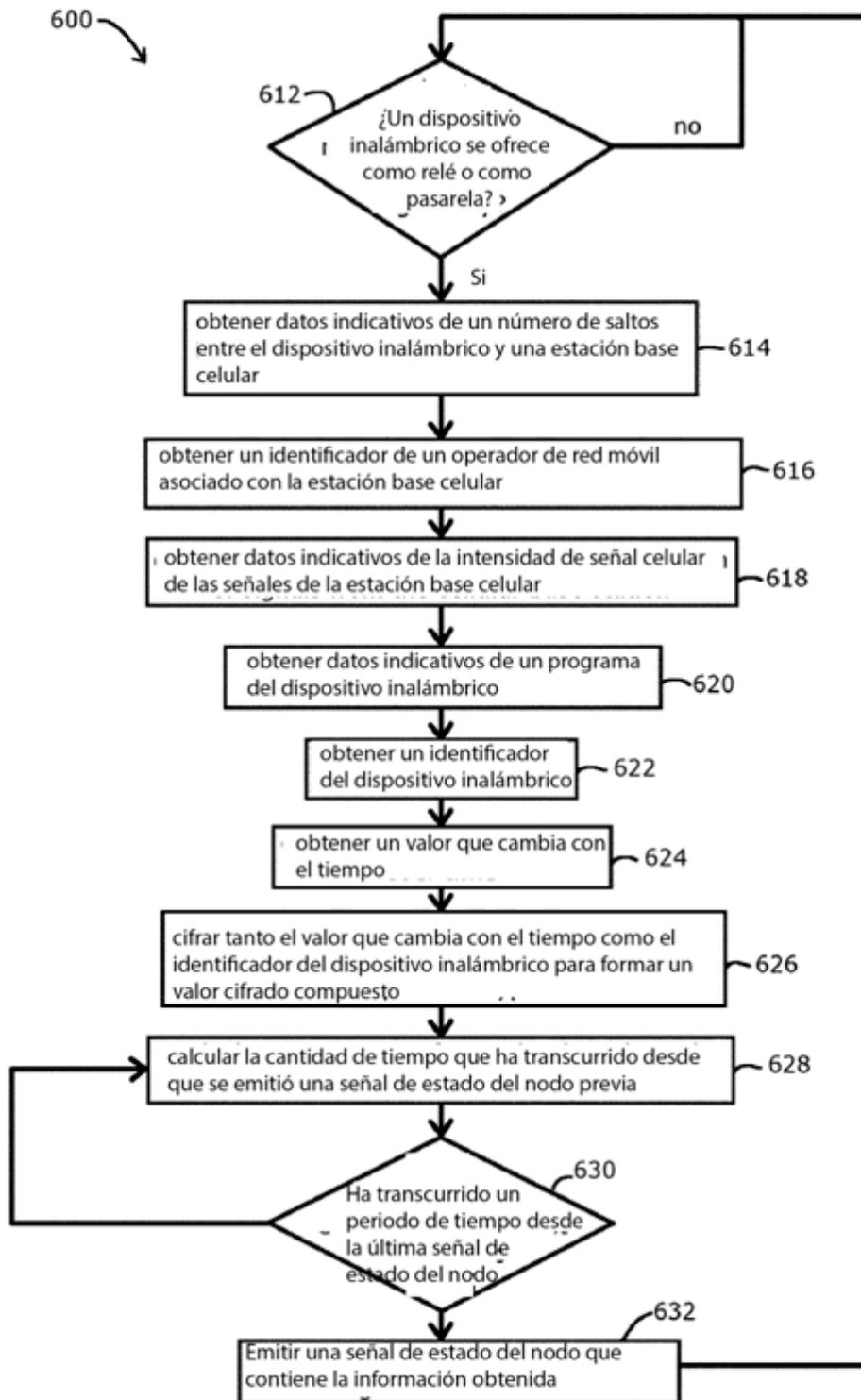


Fig. 6

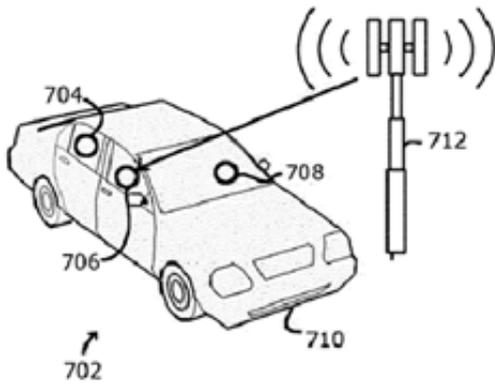


Fig. 7A

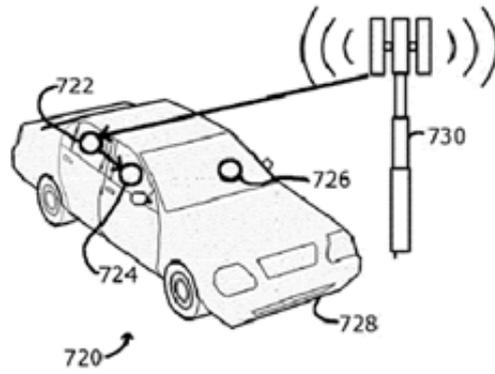


Fig. 7B

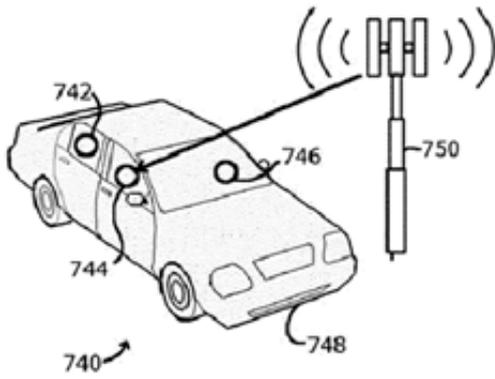


Fig. 7C

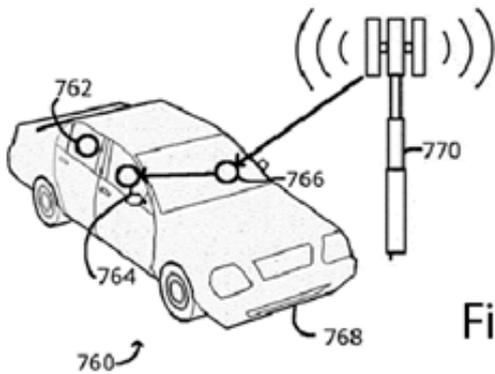


Fig. 7D

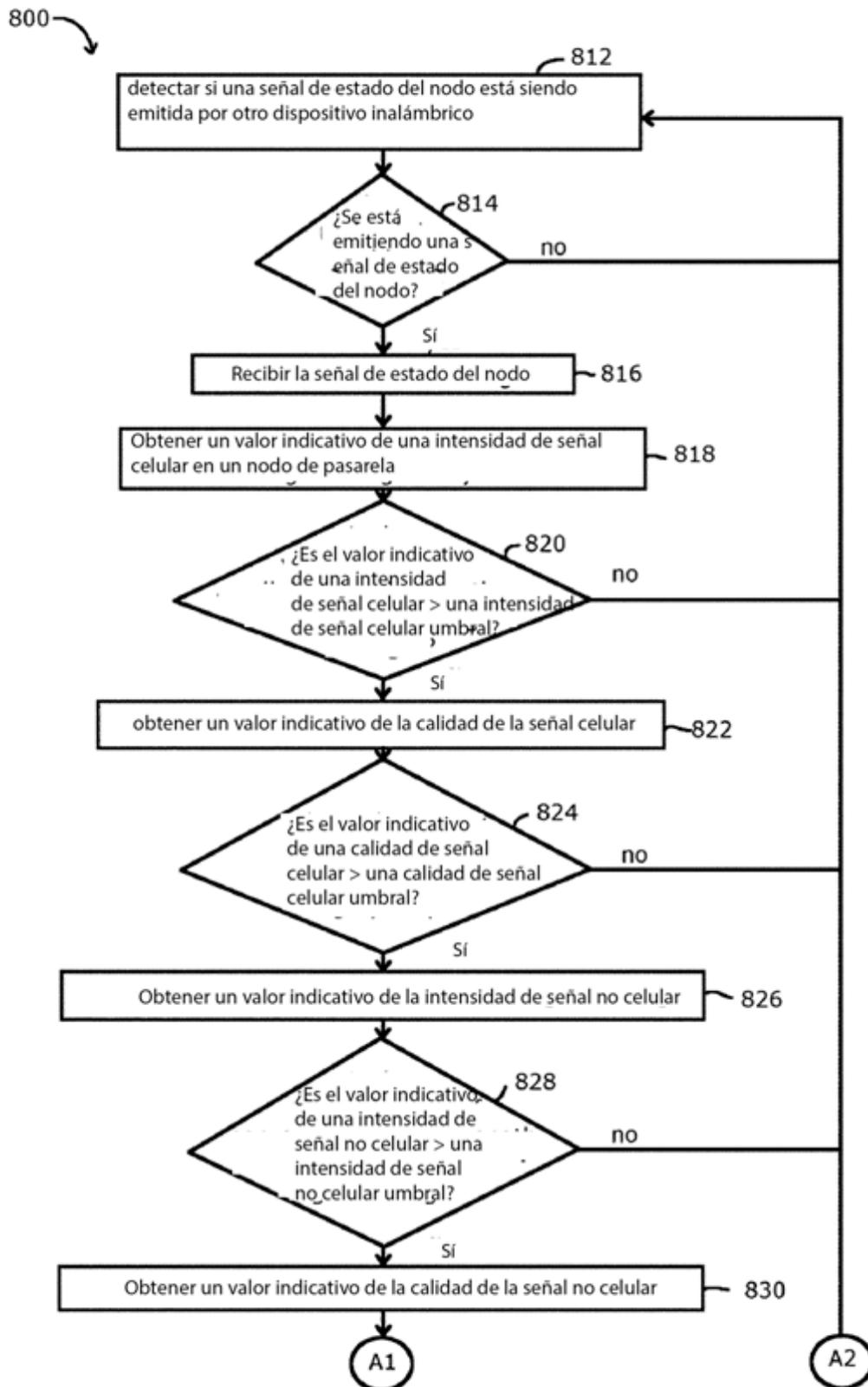


Fig. 8A

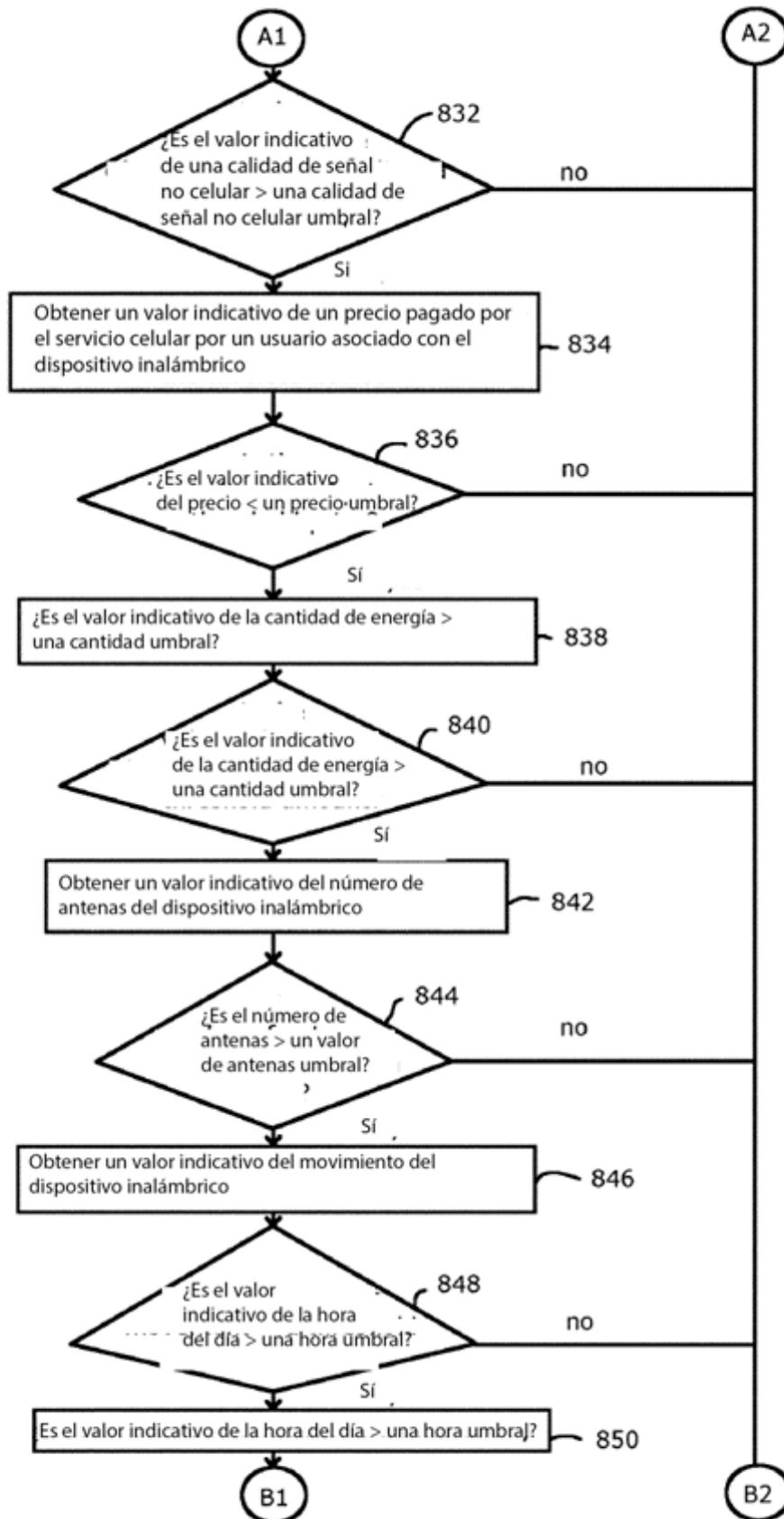


Fig. 8B

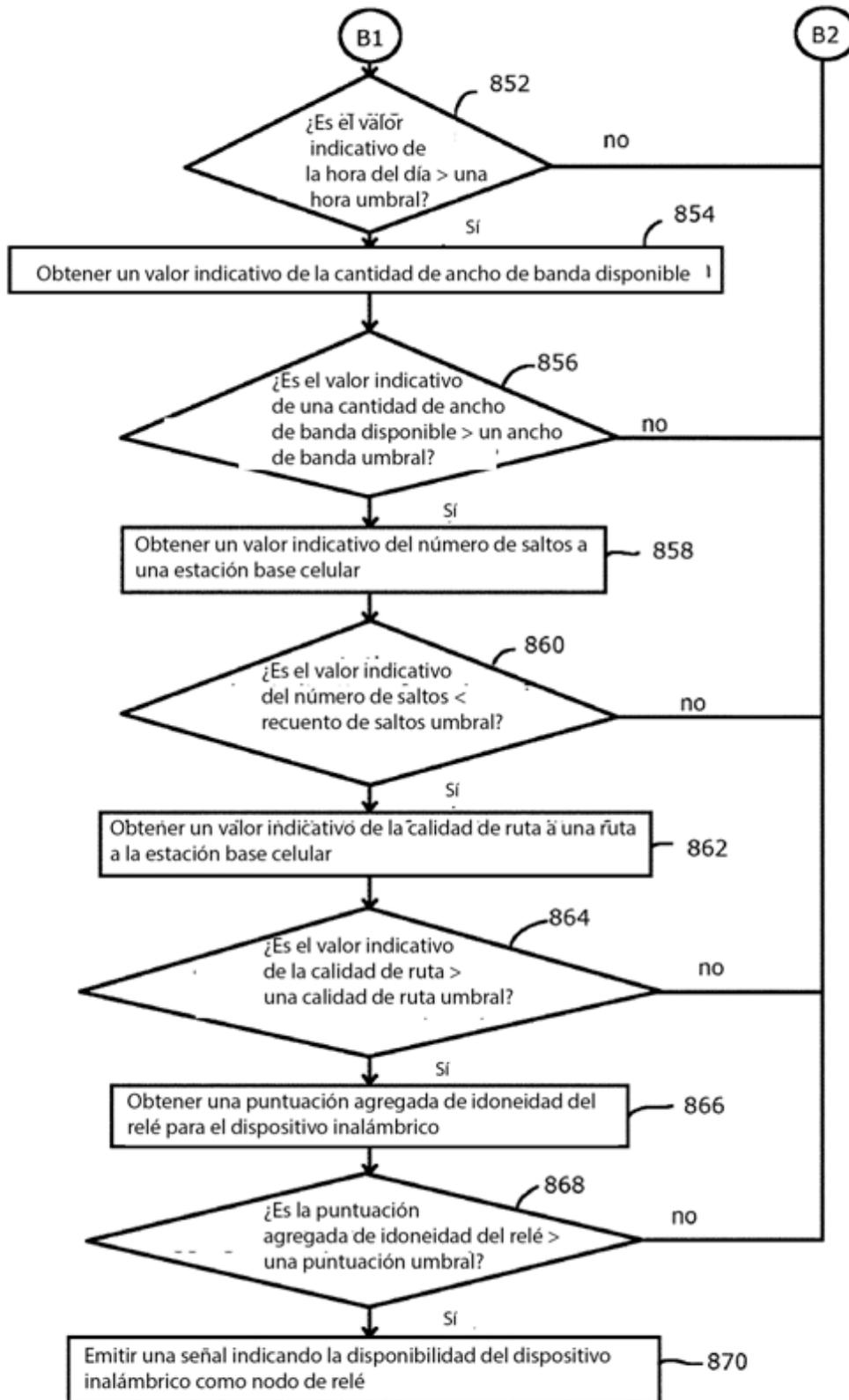


Fig. 8C

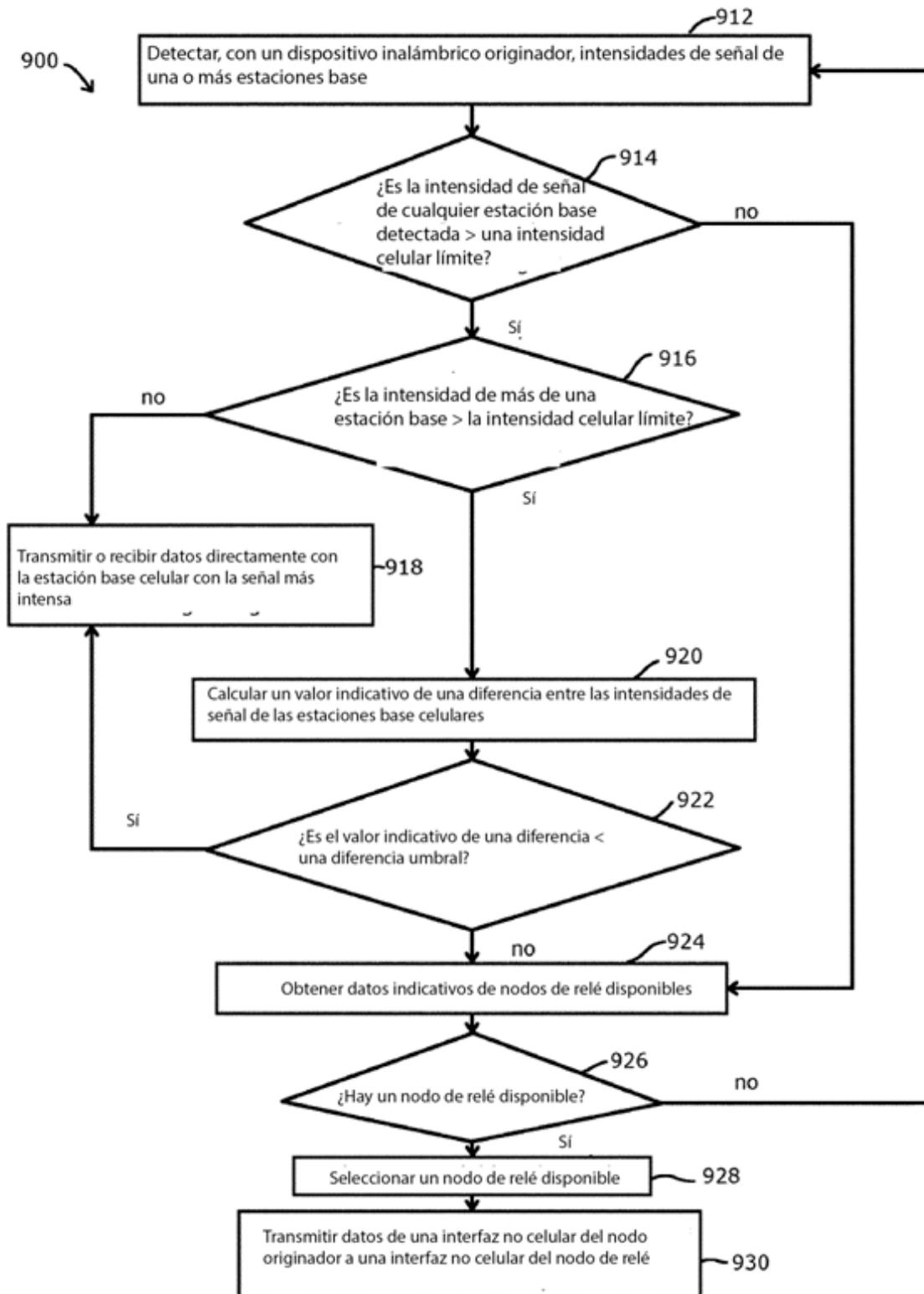


Fig. 9

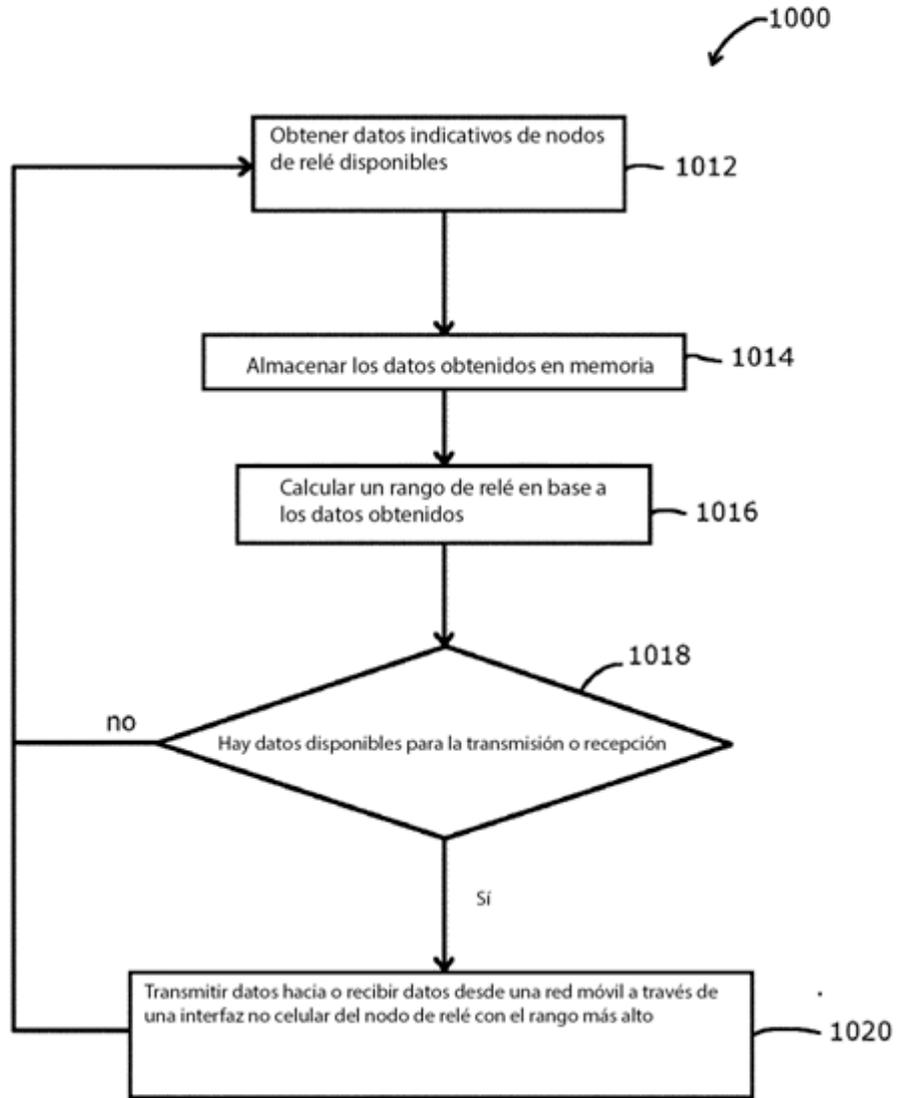


Fig. 10

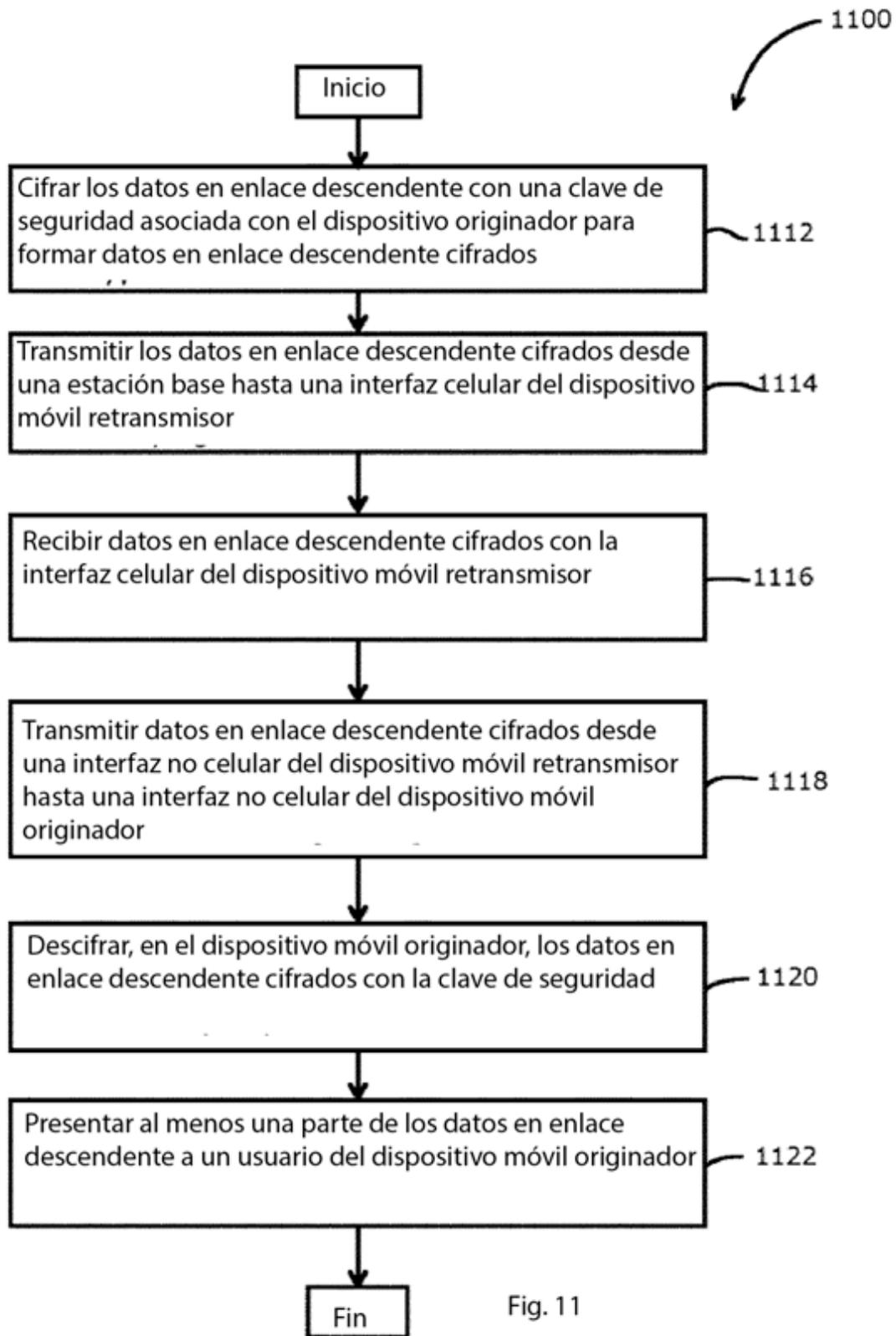


Fig. 11

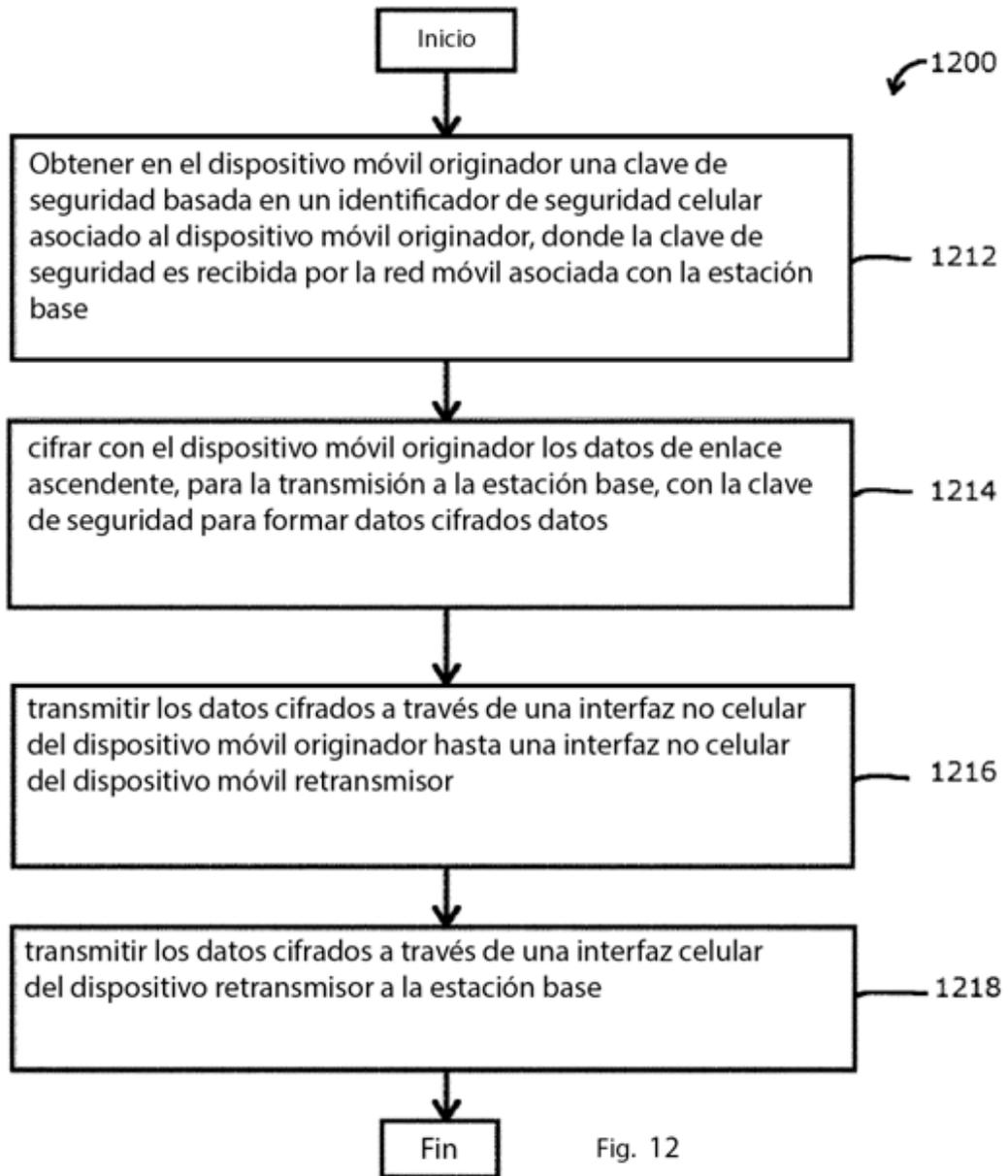


Fig. 12

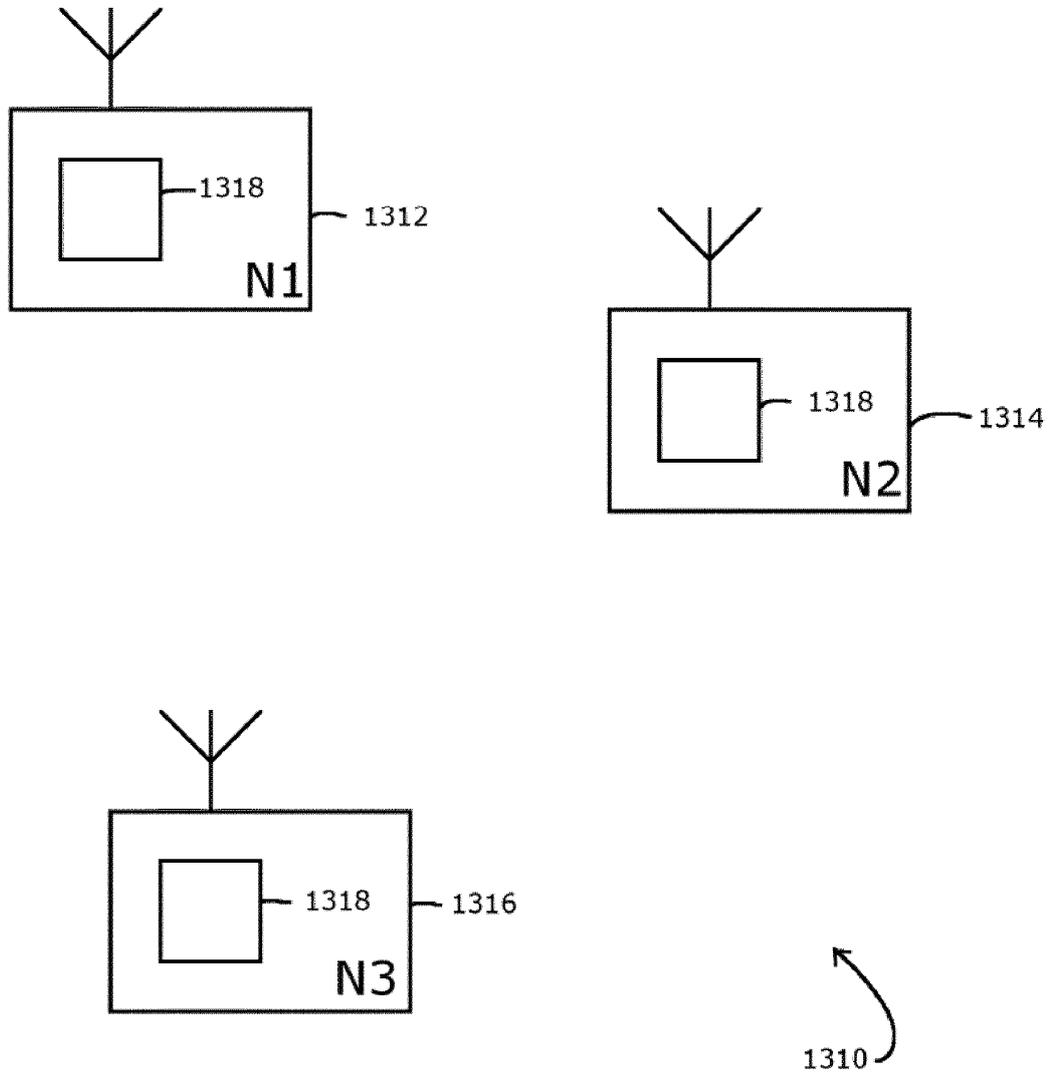


Fig. 13

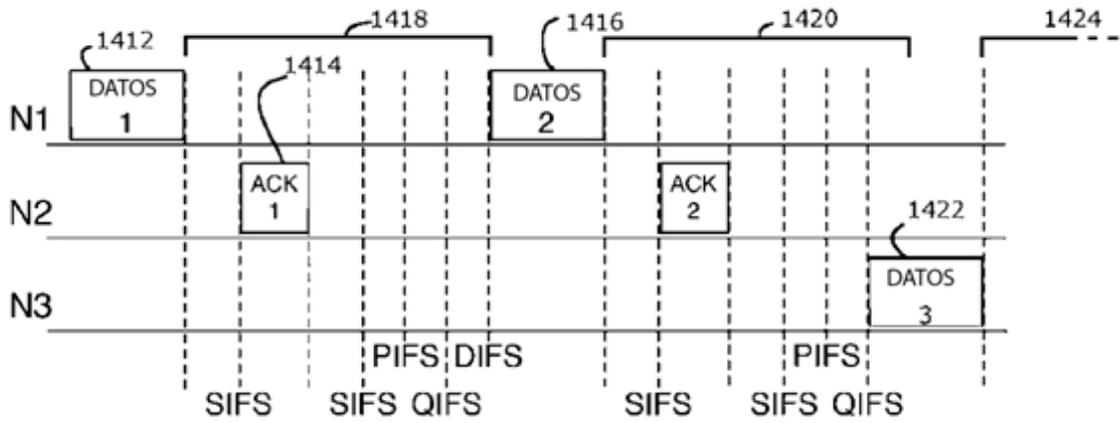


Fig. 14

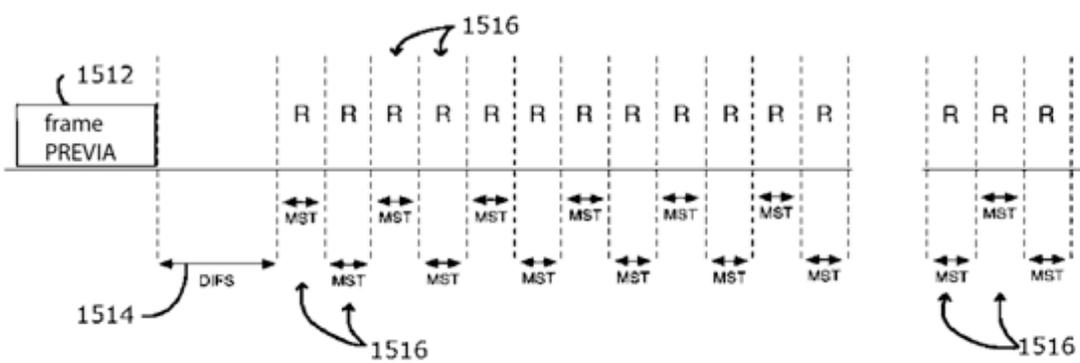


Fig. 15

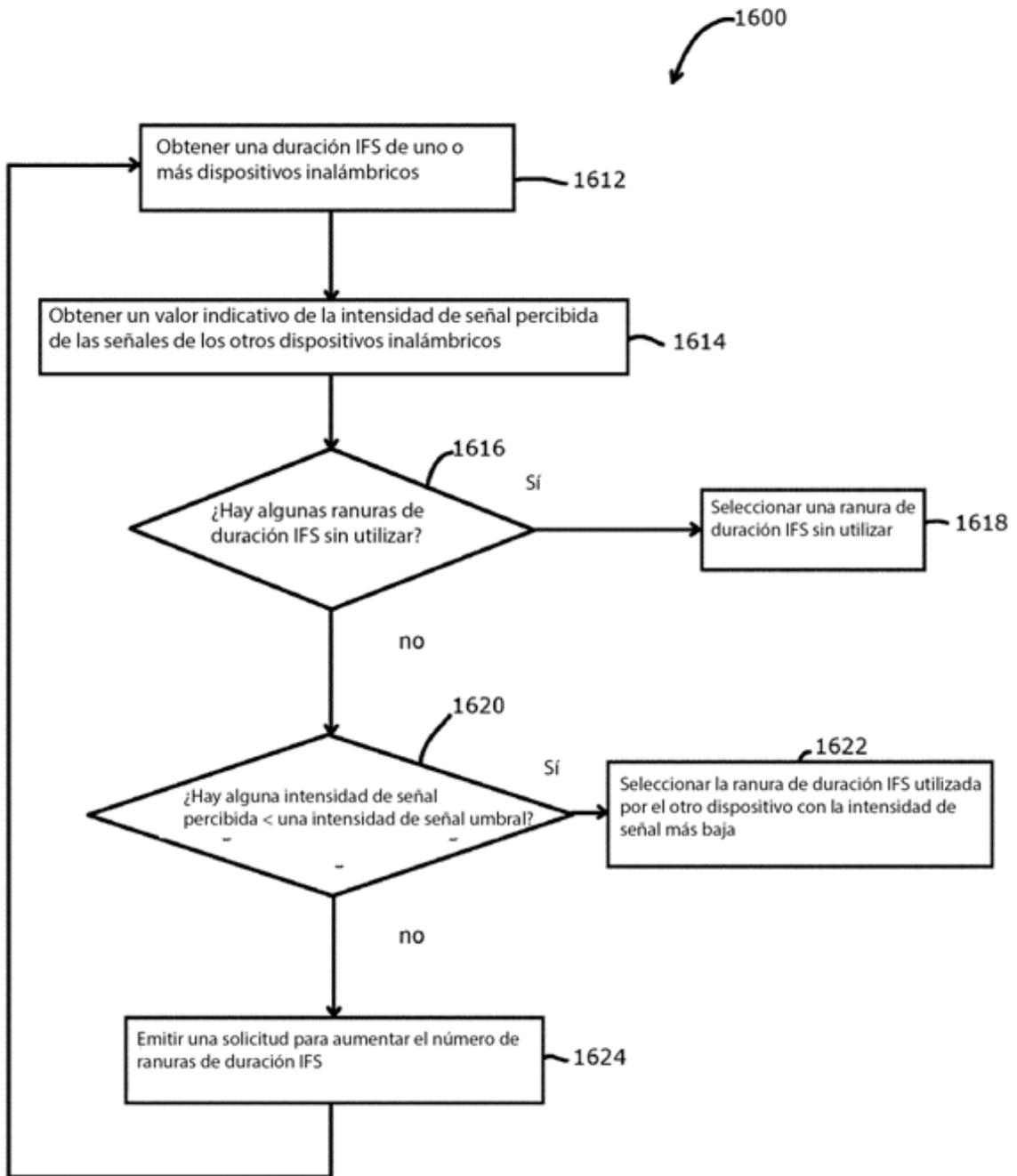


Fig. 16

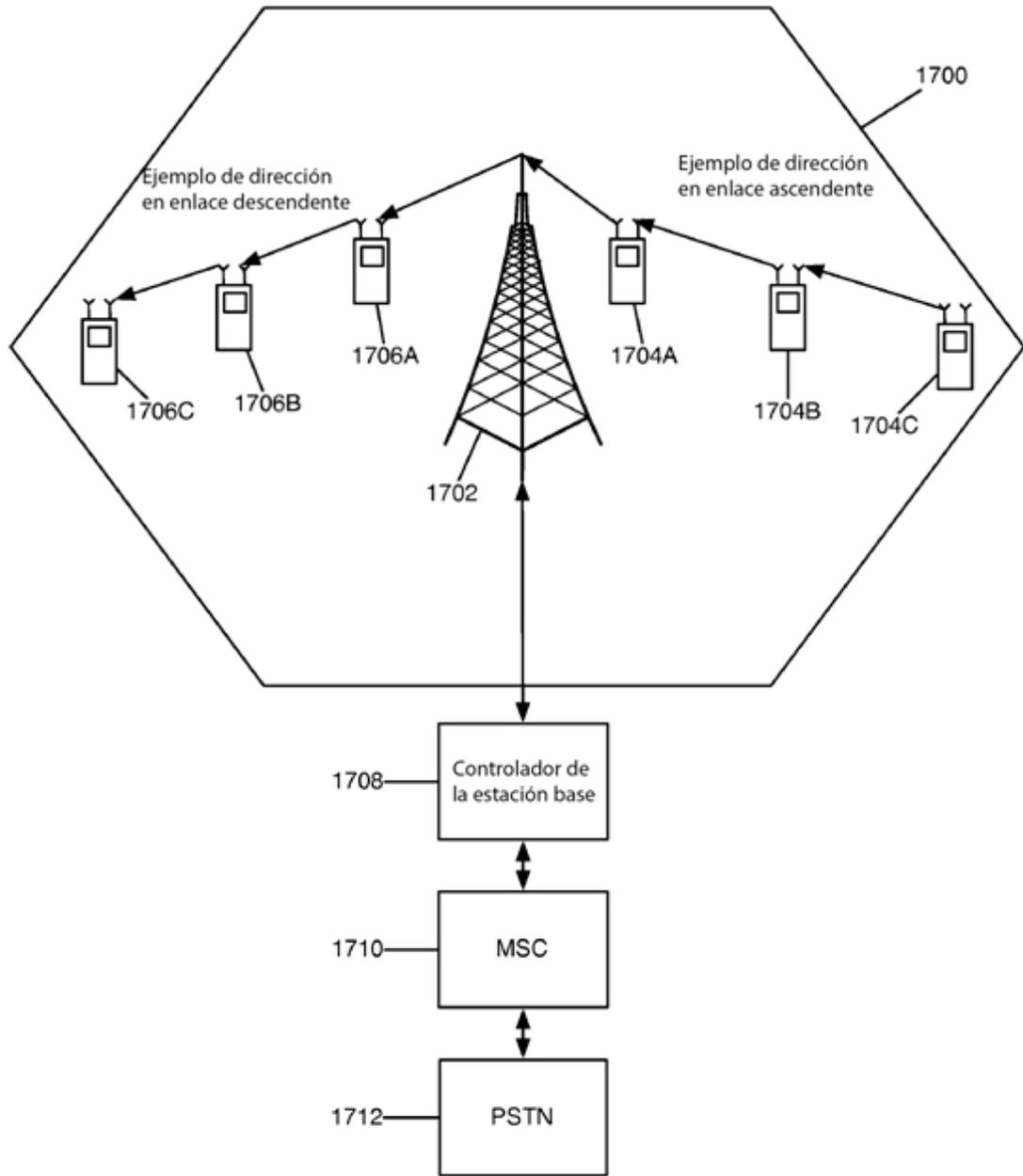


Fig. 17

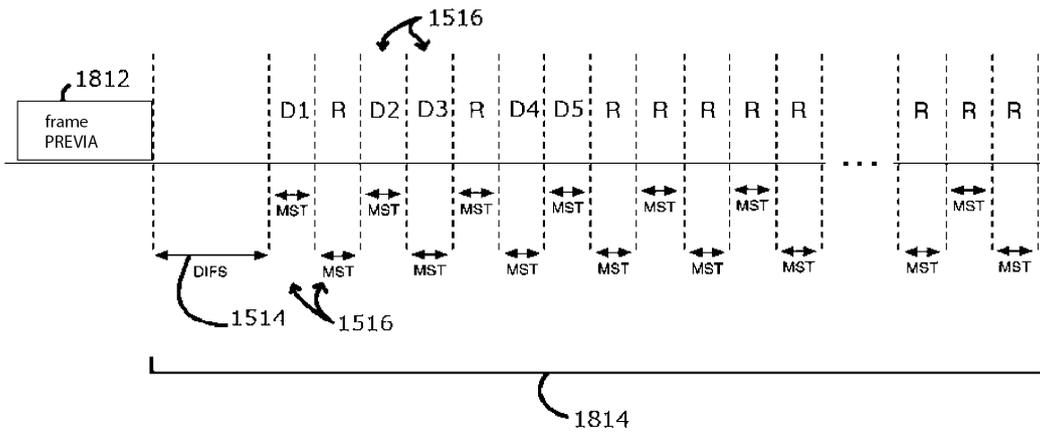


Fig. 18

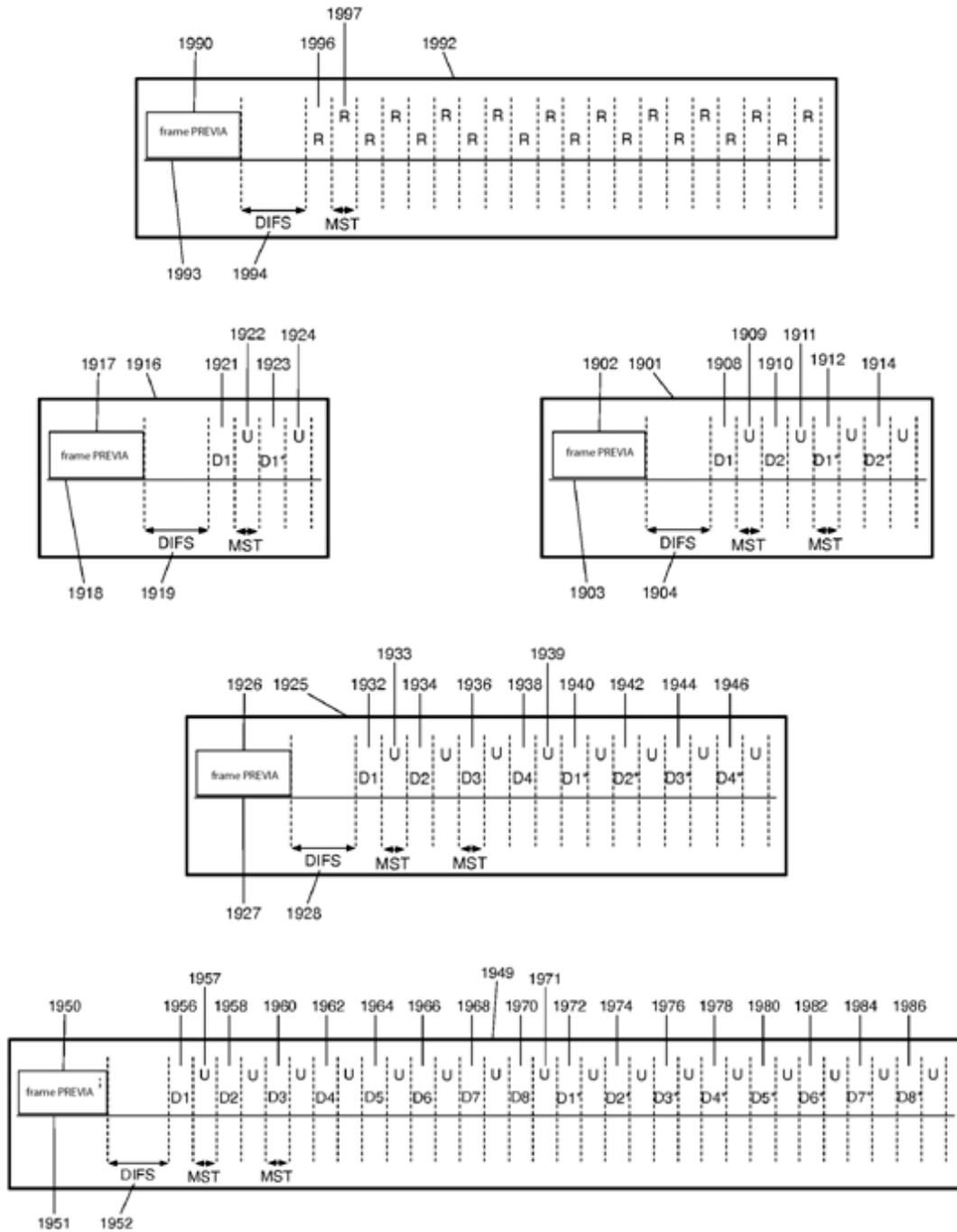


Fig. 19

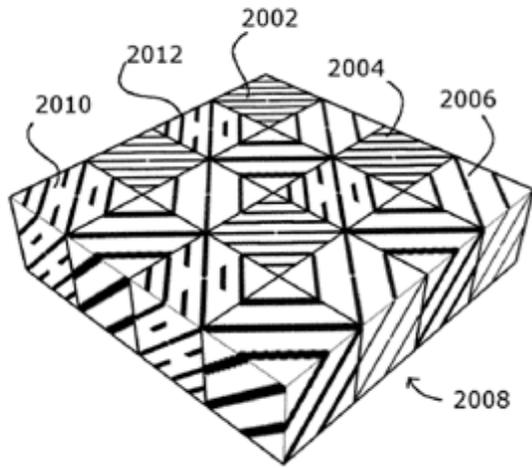


Fig. 20A

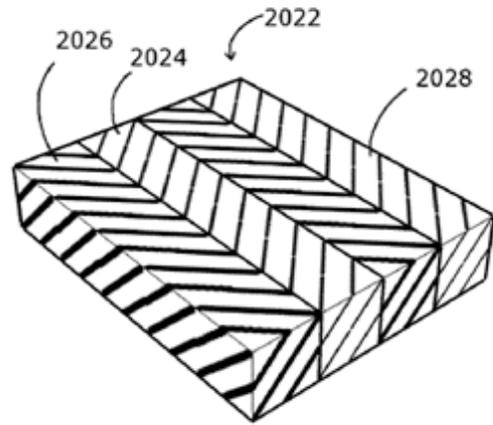


Fig. 20B

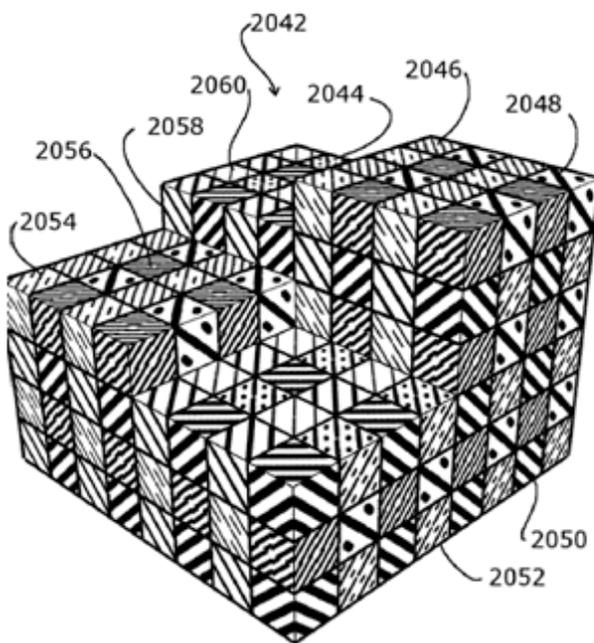


Fig. 20C

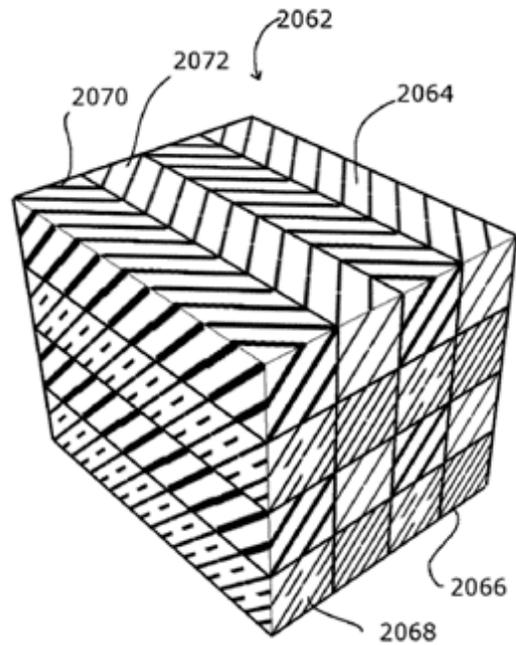


Fig. 20D

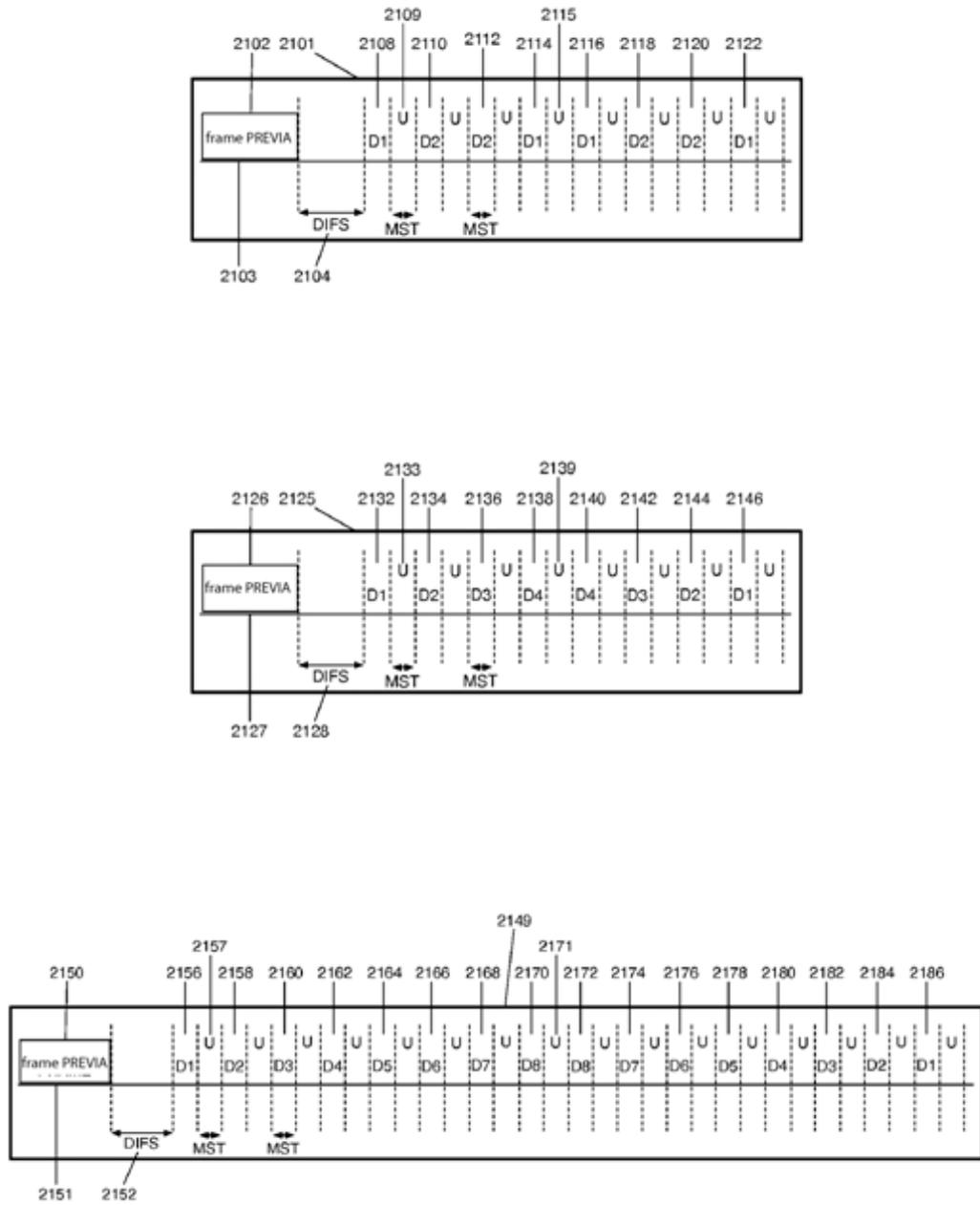


Fig. 21

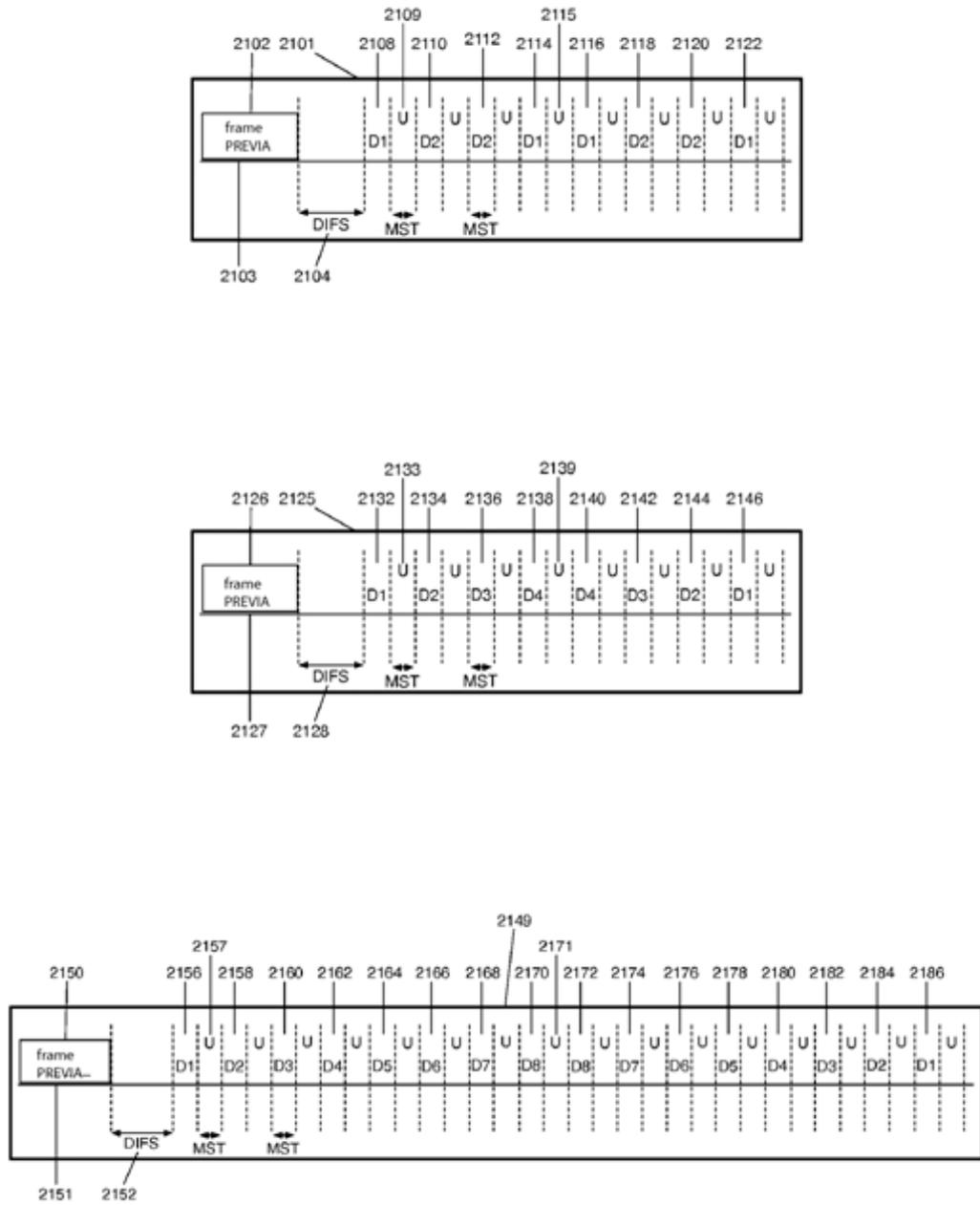


Fig. 22

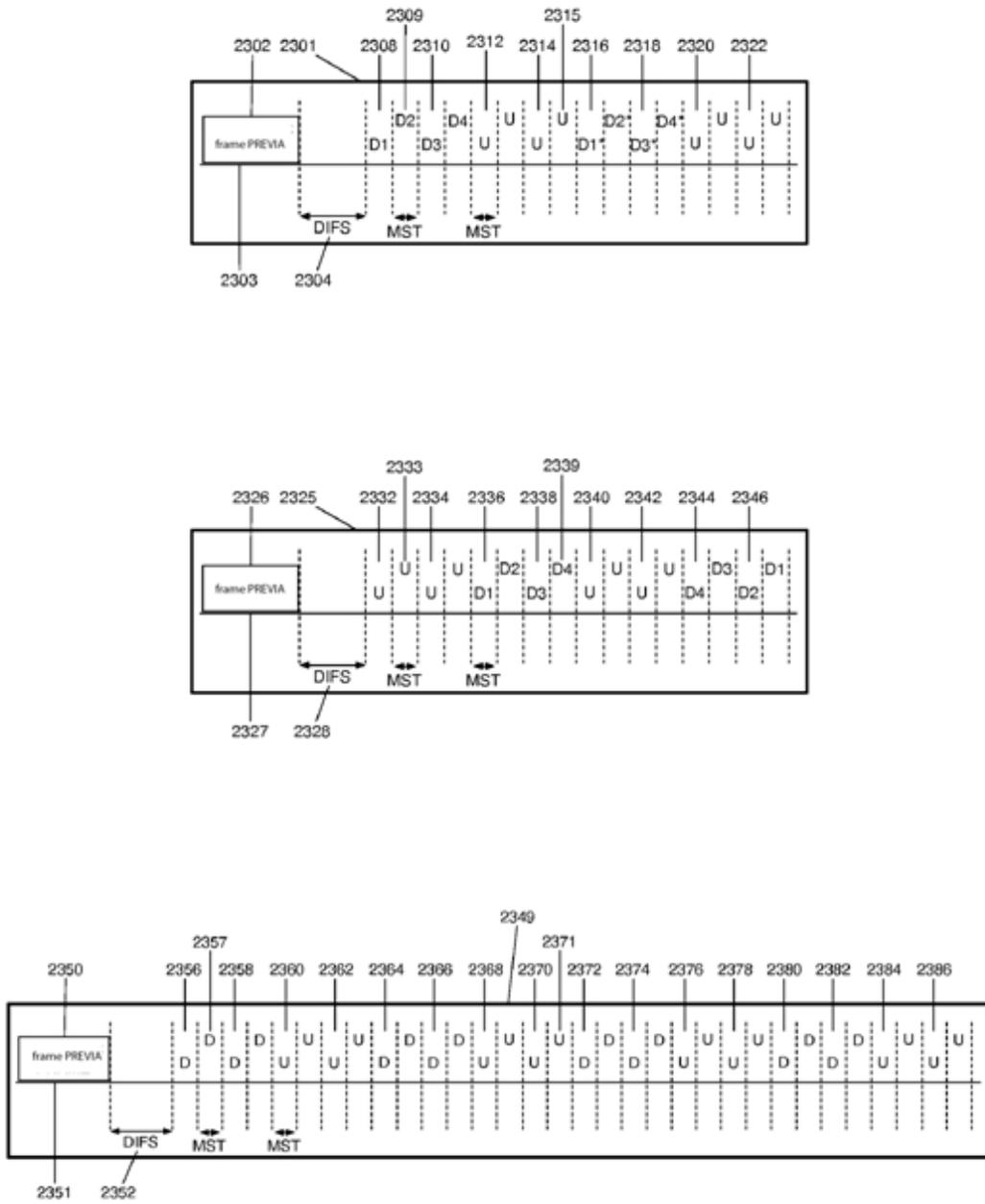


Fig. 23

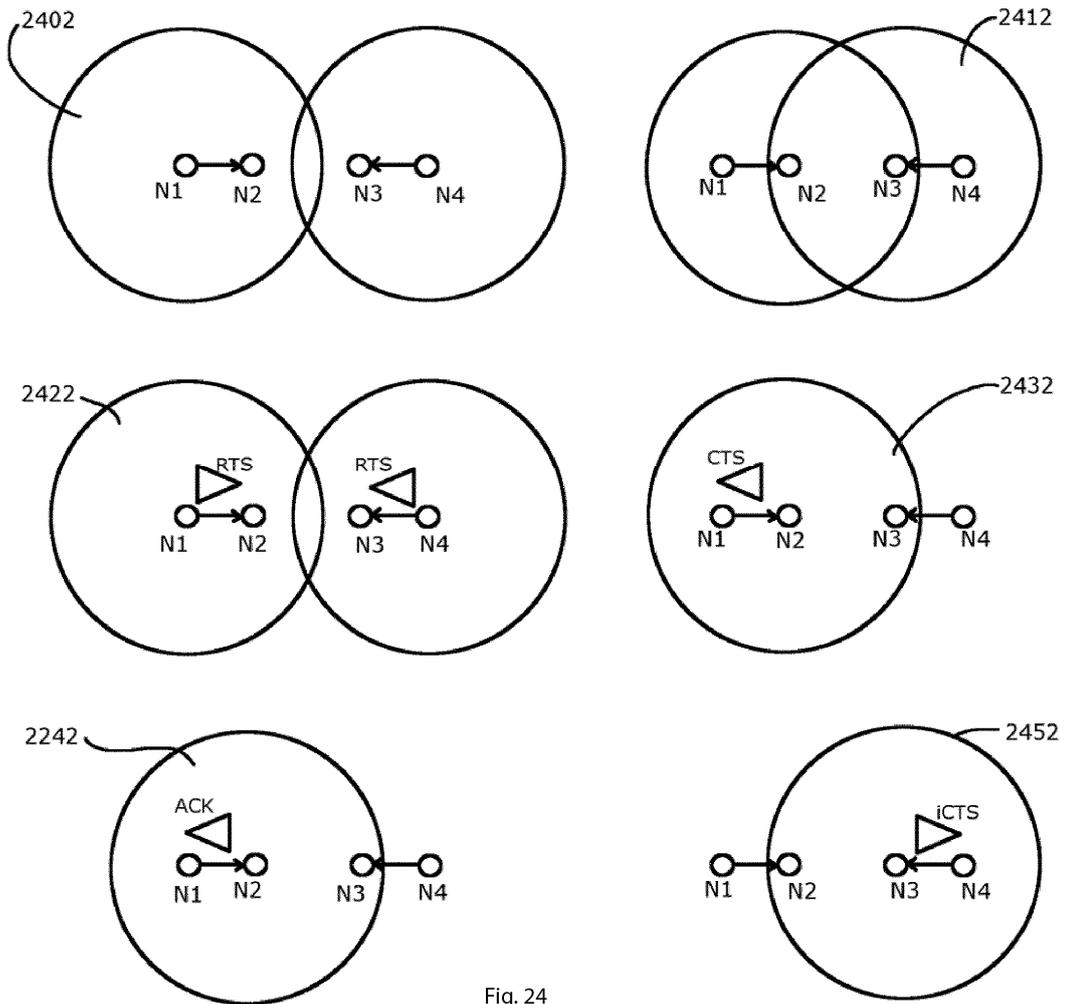


Fig. 24

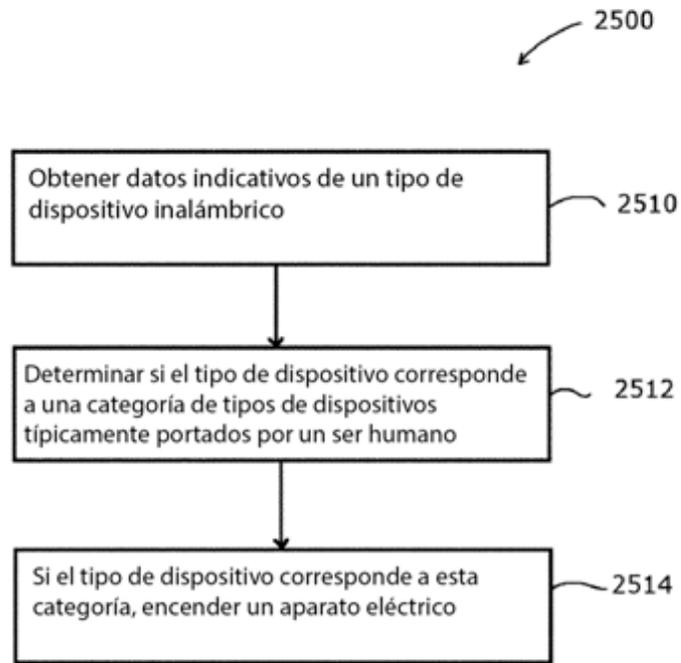


Fig. 25A

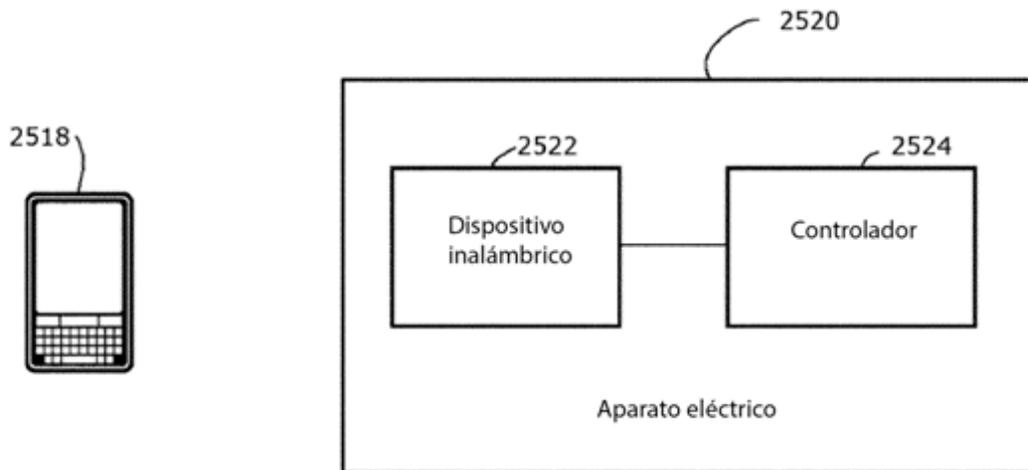


Fig. 25B

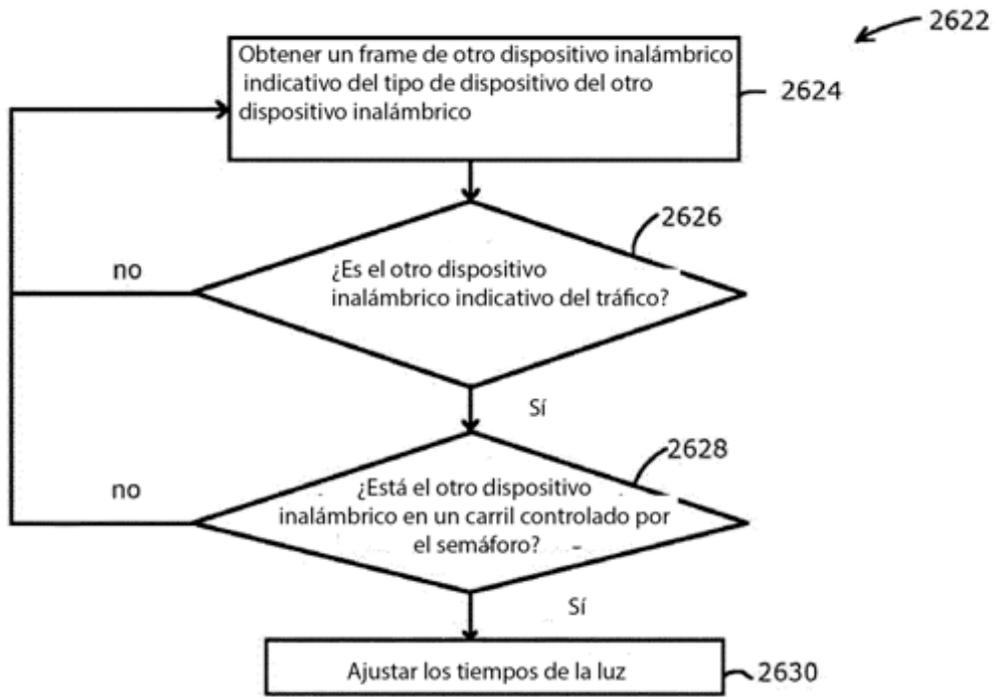


Fig. 26A

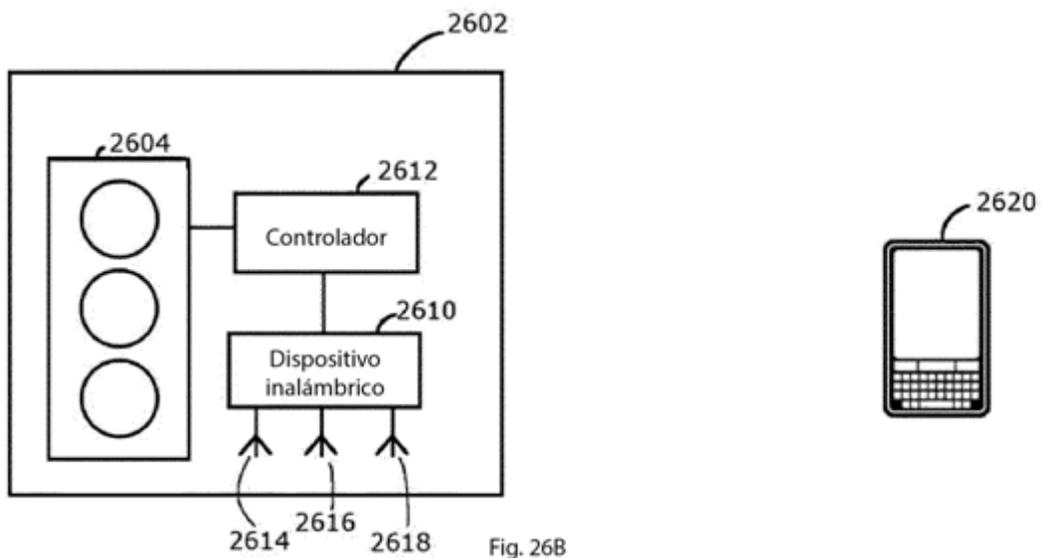


Fig. 26B

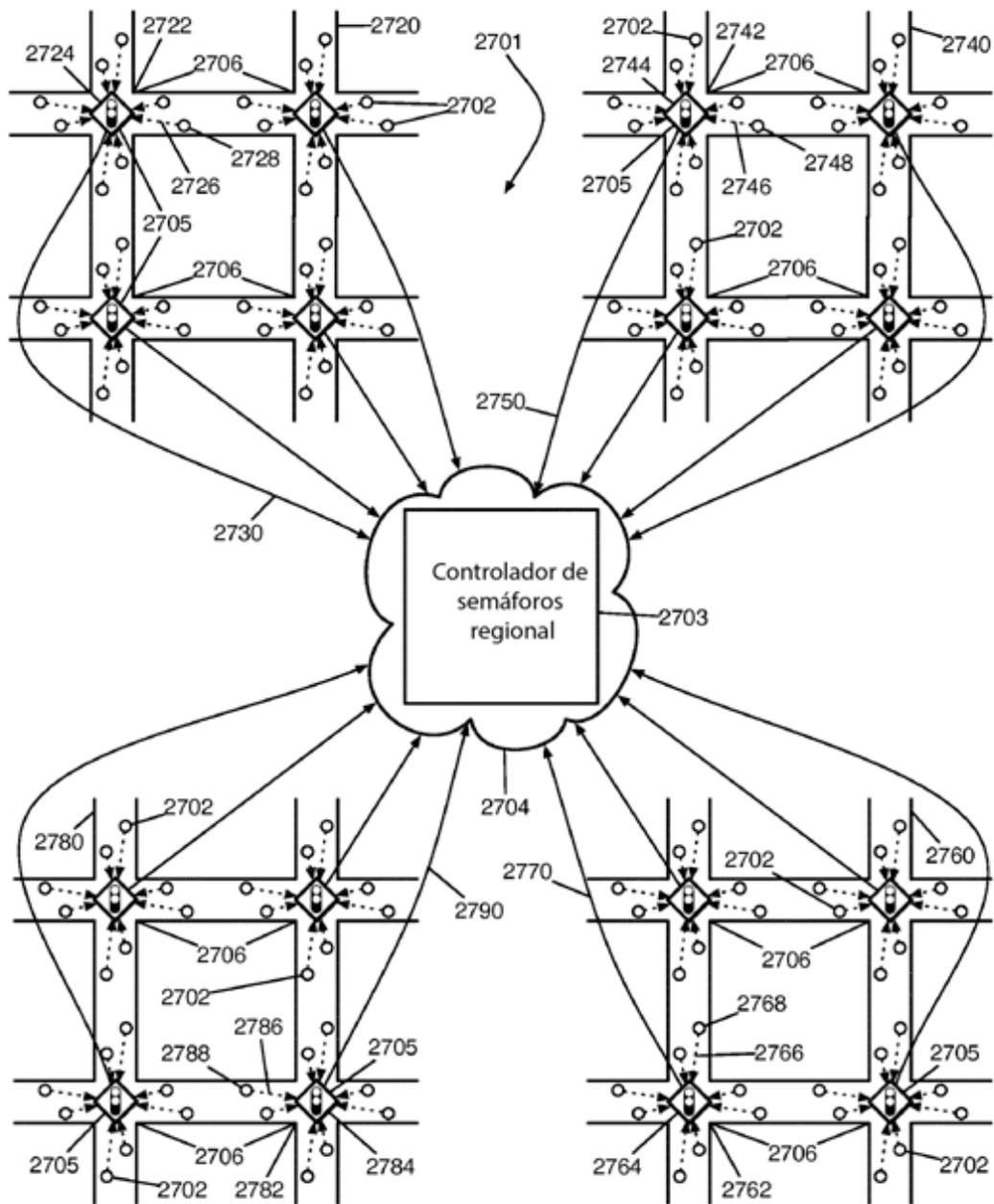


Fig. 27

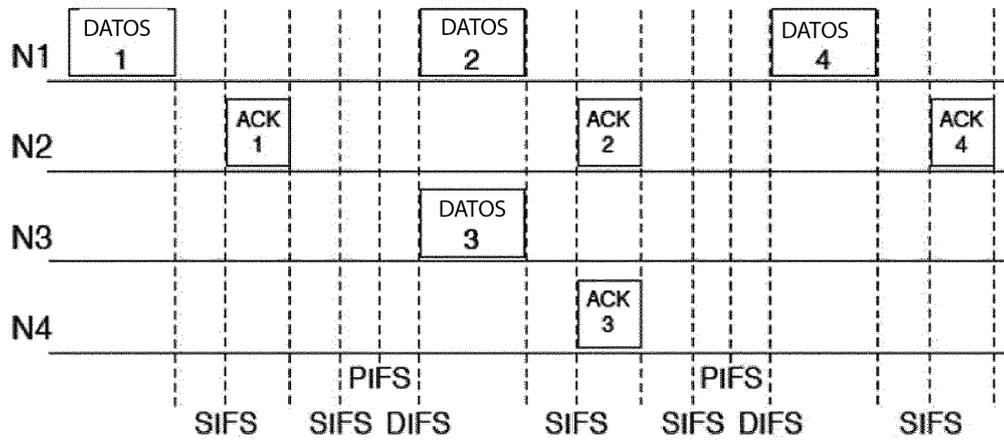
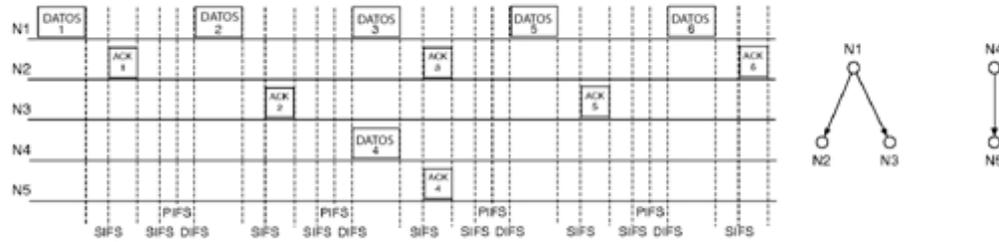
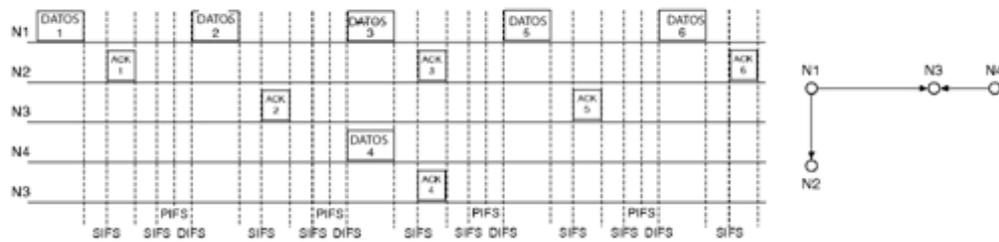


Fig. 28



Notas:

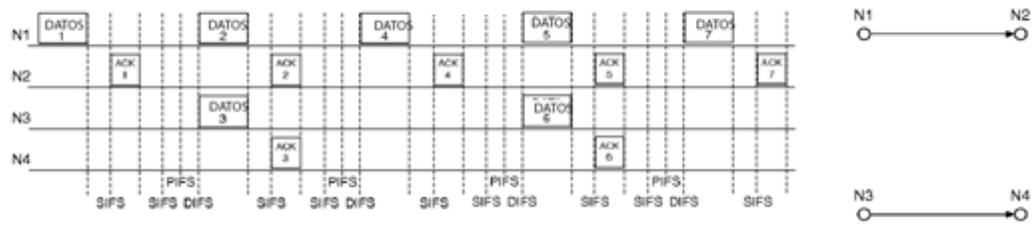
1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. En una red distribuida, los patrones de detección de colisión utilizados por N2 y N3 en sus ACK no se pueden coordinar. Unos patrones de detección de colisión más largos pueden reducir la probabilidad de que N2 y N3 utilicen los mismos números de detección de colisión en cualquier punto temporal dado. Esto también puede facilitar de forma significativa la vigilancia adicional de ACK.
4. En el escenario de ejemplo, N4 utiliza una vigilancia adicional de ACK para testar la viabilidad de su transmisión a N5 en paralelo con la transmisión de N1 a N2. Por tanto, la vigilancia adicional de ACK puede mejorar la solidez y corrección del mecanismo de detección de colisión en escenarios con múltiples nodos de clientes.



Notas:

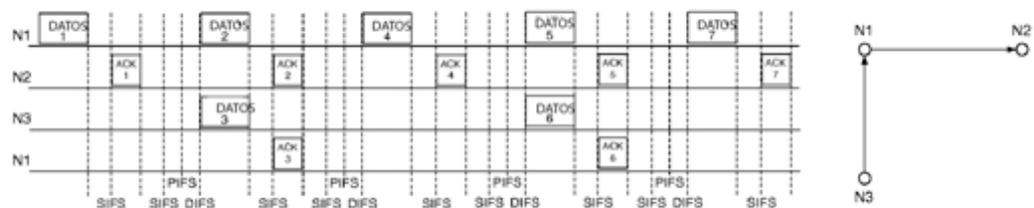
1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. En una red distribuida, los patrones de detección de colisión utilizados por N2 y N3 en sus ACK no se pueden coordinar. Unos patrones de detección de colisión más largos pueden reducir la probabilidad de que N2 y N3 utilicen los mismos números de detección de colisión en cualquier punto temporal dado. Esto también puede facilitar de forma significativa la vigilancia adicional de ACK.
4. En el escenario de ejemplo, N4 utiliza una vigilancia adicional de ACK para testar la viabilidad de su transmisión a N3 en paralelo con la transmisión de N1 a N2. Por tanto, la vigilancia adicional de ACK puede mejorar la solidez y corrección del mecanismo de detección de colisión en escenarios con múltiples nodos de clientes.

Fig. 29



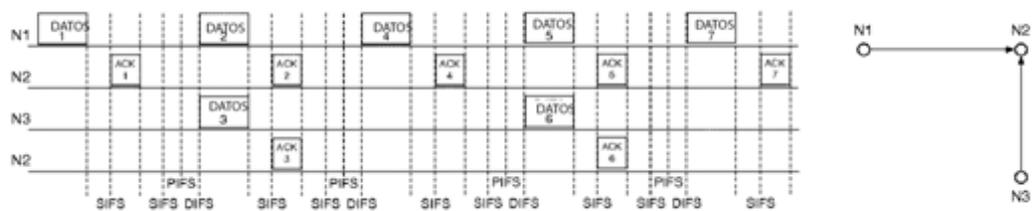
Notas:

1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. Una mayor vigilancia de ACK puede mejorar la solidez.



Notas:

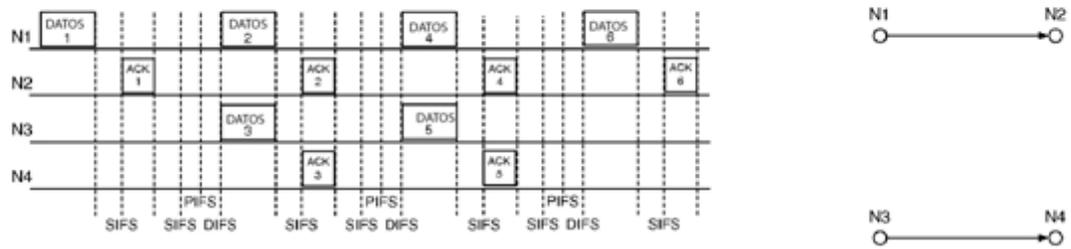
1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. Una mayor vigilancia de ACK puede mejorar la solidez.
4. N1 es capaz de transmitir y recibir al mismo tiempo



Notas:

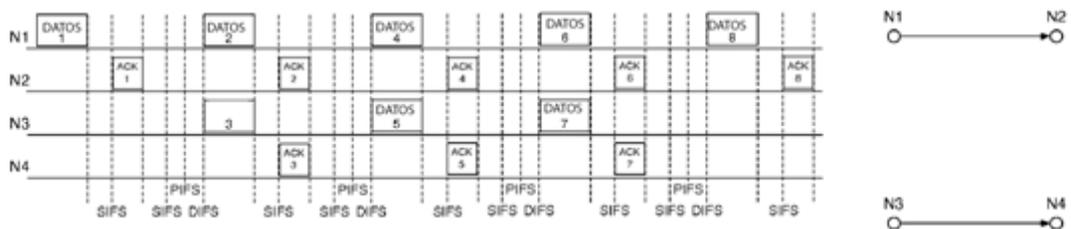
1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. Una mayor vigilancia de ACK puede mejorar la solidez.
4. N2 es capaz de transmitir y recibir múltiples frames al mismo tiempo

Fig. 30



Notas:

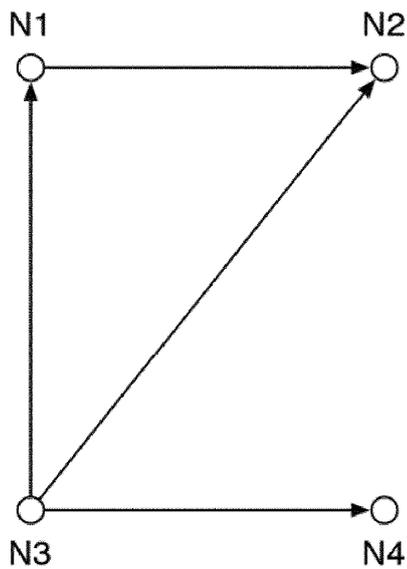
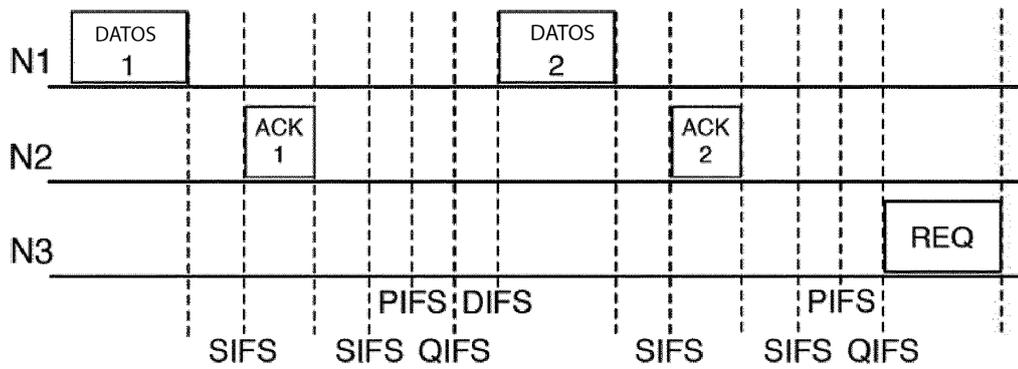
1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. Una mayor vigilancia de ACK puede mejorar la solidez.
4. La vigilancia consecutiva de ACK puede requerir números de secuencia más larga o patrones de detección de colisión



Notas:

1. el frame ACK contiene un número de secuencia o un patrón de detección de colisión.
2. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
3. Una mayor vigilancia de ACK puede mejorar la solidez.
4. La vigilancia consecutiva de ACK puede requerir números de secuencia más larga

Fig. 31



Notas:

1. La flecha apunta desde el transmisor del frame DATA hacia el receptor del frame DATA.
2. Los frames REQ se utilizan para intercambiar señales entre nodos. El frame REQ podría ser un frame DATA.
3. Los frames REQ pueden ser emitidos.
4. N4 no se muestra en el diagrama anterior para evitar confusiones.

Fig. 32