

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 973**

51 Int. Cl.:
H04L 12/28 (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06744934 .8**
96 Fecha de presentación: **12.05.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1882338**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.01.2008**

54 Título: **MÉTODO DE APRENDIZAJE DISTRIBUIDO PARA REDES DE MALLA INALÁMBRICA.**

30 Prioridad:
12.05.2005 US 680703 P
11.01.2006 US 758440 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.02.2012

73 Titular/es:
KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.
GROENEWOUDSEWEG 1
5621 BA EINDHOVEN, NL

72 Inventor/es:
REUMERMAN, Hans-Jürgen;
DALMASES, Francesc;
HIERTZ, Guido, Roland y
MAX, Gustaf, Sebastian

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 373 973 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de aprendizaje distribuido para redes de malla inalámbrica.

5 La MBOA (alianza multibanda OFDM) es un sistema distribuido para WPAN (redes inalámbricas de área personal) que se ejecutan en una banda de frecuencia de banda ultraancha (UWB). A través del DRP (protocolo de reserva distribuido), que realiza reservas de recurso de canal para el tráfico futuro, el sistema MBOA proporciona mucha mayor eficacia de acceso de canal en un único escenario de comunicación de salto que otros protocolos basados en contienda, por ejemplo, el acceso de canal con prioridad (PCA).

10 Una red de malla es una PAN (red de área personal) que emplea una de dos disposiciones de conexión, topología de malla completa o topología de malla parcial. En la topología de malla completa, cada nodo se conecta directamente a cada uno de los demás. En la topología de malla parcial, algunos nodos se conectan a todos los demás, pero algunos de los nodos se conectan sólo a aquellos otros nodos con los que intercambia la mayoría de datos. Las redes de malla tienen la capacidad de proporcionar una extensión geográfica de cobertura de red sin aumentar la potencia de transmisión o sensibilidad de recepción. Las redes de malla también proporcionan una fiabilidad mejorada por medio de la redundancia de ruta, una configuración de red más fácil, y pueden aumentar la vida útil de la batería del dispositivo debido a la posibilidad de menos retransmisiones de datos.

15 Las redes de malla inalámbrica son sistemas de multisalto en los que los dispositivos se ayudan entre sí al transmitir paquetes a través de su red, especialmente en condiciones adversas. Puede establecerse una red de malla en una ubicación con preparación mínima. Las redes de malla de este tipo también se denominan redes ad hoc. Las redes de malla proporcionan un sistema flexible, fiable que puede extenderse fácilmente a miles de dispositivos.

20 La topología de red de malla inalámbrica, que se desarrolló originalmente en MIT para detección y control industrial, es un sistema punto a punto a punto, o igual a igual, sistema denominado red de multisalto, ad hoc. Un nodo de una red de este tipo puede enviar y recibir mensajes. Además, un nodo en una red de malla también puede funcionar como un encaminador que puede retransmitir mensajes para sus nodos vecinos. A través del proceso de retransmisión, un paquete de datos inalámbricos encontrará su camino a su destino, pasando a través de nodos intermedios con enlaces de comunicación fiables. En una red de malla inalámbrica, múltiples nodos actúan conjuntamente para retransmitir un mensaje a su destino. La topología de malla mejora la fiabilidad global de la red, que es particularmente importante cuando opera en entornos industriales duros.

25 Haciendo referencia a la figura 1, a través del proceso de retransmisión, un paquete de datos inalámbricos encuentra su camino a su destino pasando a través de nodos intermedios con enlaces de comunicación fiables. En una red 10 de malla inalámbrica, múltiples nodos, 12, 14, 16, actúan conjuntamente para retransmitir un mensaje desde un nodo 18 de origen hasta su nodo 20 destino. La topología 10 de malla mejora la fiabilidad global de la red, que es particularmente importante y útil cuando se opera en entornos industriales duros.

30 Como Internet y otras redes basadas en el encaminador igual a igual, una red 10 de malla ofrece múltiples trayectorias de comunicaciones redundantes a lo largo de la red. Si un enlace entre nodos falla (por ejemplo, entre el nodo 14 y 16) por cualquier motivo (incluyendo la introducción de una fuerte interferencia de RF), la red encamina automáticamente los mensajes a través de trayectorias alternativas (por ejemplo, desde el nodo 14 hasta el nodo 22 y luego al nodo 20).

35 En una red de malla, acortar la distancia entre los nodos aumentará drásticamente la calidad de enlace. Si la distancia entre los nodos se reduce por un factor de dos, la señal resultante es al menos cuatro veces más potente en el receptor. Esto hace más fiables los enlaces sin tener que aumentar la potencia de transmisor en nodos individuales. En una red de malla, puede extenderse el alcance, añadir redundancia, y mejorar la fiabilidad general de la red simplemente añadiendo más nodos a la red.

40 La banda ultraancha (UWB) es una tecnología inalámbrica para transmitir grandes cantidades de datos digitales sobre un amplio espectro de bandas de frecuencia con muy baja potencia para una corta distancia. La radio de banda ultraancha puede portar una enorme cantidad de datos a una distancia de hasta 230 pies a muy baja potencia (menor de 0,5 milivatios) y tiene la capacidad para portar señales a través de puertas y otros obstáculos que tienden a reflejar señales en anchos de banda más limitados que operan a una potencia superior. La banda ultraancha puede compararse a otra tecnología inalámbrica de distancia corta, tal como *Bluetooth*, que es un estándar para conectar dispositivos inalámbricos portátiles con otros dispositivos similares y/o a, por ejemplo, ordenadores de sobremesa.

45 La banda ultraancha difunde pulsos digitales, que se sincronizan de manera muy precisa, en una señal portadora a través de un espectro muy amplio (en una pluralidad de canales de frecuencia) al mismo tiempo. El transmisor y receptor de ancho de banda deben actuar conjuntamente para enviar y recibir pulsos con una alta precisión de dentro de las trillonésima parte de un segundo. En cualquier banda de frecuencia dada usada en un sistema de banda ultraancha, una señal de banda ultraancha requiere menor potencia que una señal normal en la banda. Además, el ruido de fondo esperado de una señal de banda ultraancha es tan bajo que teóricamente ninguna

interferencia es posible.

5 La banda ultraancha se usa en diversas situaciones, hasta la fecha dos aplicaciones frecuentes de UWB incluyen aplicaciones que implican un radar, en el que la señal penetra superficies cercanas, pero refleja superficies que están más lejos, permitiendo detectar objetos detrás de paredes u otros recubrimientos, y transmisión de voz y datos usando pulsos digitales, permitiendo a una señal de muy baja potencia y coste relativamente bajo portar información a tasas de transmisión muy altas dentro de un intervalo restringido.

10 El artículo "Modeling and Optimization of UWB Communication Networks through a Flexible Cost Function" por P. Baldi *et al.*, publicado en el IEEE Journal on Selected Areas In Communications. vol. 20, n.º 9, diciembre 2002, describe un diseño de redes inalámbricas de UWB basadas en una función de coste. La función de coste comprende términos de coste asociados con la transmisión, configuración de conexión, interferencia, y calidad de servicio. El coste de interferencia para un enlace corresponde a la cantidad ΔP por la que la potencia debe aumentarse con el fin de transmitir la información sobre el enlace mientras que mantiene fija la tasa de error.

15 El artículo "Transmission capacity of CDMA ad hoc networks employing successive interference cancellation" por S. Weber *et al.*, publicado en relación con la conferencia de Globecom 2004, describe que la cancelación de interferencia sucesiva (SIC) es atractiva para redes ad hoc de CDMA de secuencia directa puesto que pueden cancelarse las fuentes de interferencia cercanas predominantes. La perfecta cancelación de interferencia aumenta la capacidad de transmisión en casi dos órdenes de magnitud. Además, cancelar sólo la interferencia más fuerte proporciona generalmente la mayoría de la ganancia de capacidad, de modo que el coste de latencia y complejidad de la SIC debe ser despreciable.

20 El artículo "Interference in Wireless Multi-Hop Ad-Hoc Networks and its Effect on Network Capacity" por R. Hekmat *et al.*, publicado en Wireless Networks 10, 389-399, 2004, describe un modelo para calcular los niveles de interferencia en redes ad hoc multisalto inalámbricas. El modelo calcula el valor esperado de relación portadora a interferencia (C/I) teniendo en cuenta el número de nodos, densidad de nodos, aspectos de radio-propagación, características multisalto de la red, y la cantidad de tráfico repetidor. Los valores esperados de C/I se usan para determinar la capacidad de red y rendimiento global de datos por nodo.

25 El artículo "Optimal Link Scheduling and Power Control in CDMA Multihop Wireless Networks" por R. Cruz *et al.*, publicado en relación con la IEEE Global Telecommunications Conference. Conference Proceedings, Taipei, Taiwan, 17-21 de noviembre de 2002, describe que los transmisores en una red multisalto inalámbrica se someten a limitaciones de potencia promedio por enlace y limitaciones de potencia de pico por nodo. Sometidos a estas limitaciones, se determinan subconjuntos óptimos de transmisores concurrentes, así como niveles de potencia asociados con el fin de maximizar el rendimiento global de la red, mientras se tiene en cuenta interferencia de multiacceso. Se encontró que cuando los niveles de ruido ambiente son relativamente altos, generalmente se desea habilitar transmisiones simultáneas, aunque estén en estrecha proximidad geográfica.

30 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un método para que puntos de malla, en una red de malla, determinen si transmitir a otro punto de malla simultáneamente mientras que otra transmisión está teniendo lugar en el mismo enlace de comunicación. Un punto de malla no debe transmitir a otro punto de malla si la interferencia de transmisión del punto de malla afecta a una transmisión simultánea desde otro punto de malla. Además, un punto de malla de transmisión no debe transmitir a un punto de malla de recepción si la transmisión se verá afectada en el punto de malla de recepción por interferencia de una transmisión simultánea desde otro punto de malla.

Las reivindicaciones independientes definen diversos aspectos de la invención. Las reivindicaciones dependientes definen características adicionales para la implementación de la invención de manera ventajosa.

35 Las realizaciones de la invención pueden usarse en redes multisalto. Además, las realizaciones de la invención pueden usarse junto con las normas IEEE802.11 y los protocolos de MAC incluyendo, pero sin limitarse a, estar en conformidad con las normas IEEE802.11s (ESS MESH) futuras. Las realizaciones de la invención también pueden aplicarse satisfactoriamente a otras normas y tecnologías inalámbricas para dar soporte a redes de malla (es decir WPAN). Las realizaciones de la invención aprovechan la topología de red de malla para dar soporte a las transmisiones simultáneas que se producen en el mismo enlace o canal de comunicación.

Se entiende que el sumario anterior de la invención no pretende representar cada realización o cada aspecto de la presente invención.

60 Puede obtenerse un entendimiento más completo del método y aparato de la presente invención por referencia a la siguiente descripción detallada cuando se toma conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es un diagrama general de una red de malla;

65 la figura 2 es un diagrama de un escenario inalámbrico a modo de ejemplo;

- la figura 3 es un diagrama de un escenario de multisalto inalámbrico a modo de ejemplo;
- la figura 4 es una muestra de una red de malla inalámbrica sencilla en la que es posible la reutilización espacial;
- 5 la figura 5 es un diagrama de un alineamiento óptimo de transmisiones en el tiempo para la red de la figura 4;
- la figura 6 es una estructura general de un punto de malla atento a la interferencia a modo de ejemplo;
- 10 las figuras 7(a) y (b) son un diagrama de mediciones de intensidad de señal cuando (a) un punto de malla TX está transmitiendo, y (b) cuando un punto de malla RX está recibiendo;
- la figura 8 es una gráfica de intensidad de señal a modo de ejemplo para un escenario que tiene las estaciones Tx, Rx, 1, 2 y 3;
- 15 la figura 9 es una gráfica de intensidad de señal a modo de ejemplo para el escenario de la figura 4; y
- la figura 10 es un diagrama que ayuda a explicar la situación del punto 2 de malla que aprende la intensidad de señal del enlace (1).
- 20 La existencia de protocolos de acceso al medio para LAN inalámbrica como la norma IEEE 802.11 no soporta de manera eficaz la comunicación de multisalto. Por tanto, existe una necesidad de encontrar y definir procedimientos que permitan construir un conjunto de servicios extendidos (ESS) como una recopilación de puntos de acceso (AP) interconectados con enlaces inalámbricos que permitan el aprendizaje de topología automático y la configuración de trayectoria dinámica. Una malla de ESS es funcionalmente equivalente a un ESS cableado, con respecto a la
- 25 relación de las estaciones con el conjunto de servicios básicos (BSS) y el ESS.
- Las realizaciones de la invención proporcionan un protocolo de control de acceso al medio (MAC) para un sistema de distribución inalámbrico (WDS) entre un conjunto de puntos de acceso (AP) de la norma 802.11. Las estaciones móviles que operan según diversas realizaciones y asociadas a cualquiera de los puntos de acceso podrán comunicarse con: 1) cualquier punto de acceso en el conjunto dado; 2) cualquier estación móvil asociada a un punto de acceso en el conjunto, y 3) cualquier red externa conectada por medio de una pasarela de malla.
- 30 La comunicación entre los puntos de acceso que posibilitan los puntos mencionados será transparente a las estaciones móviles en las realizaciones de la invención, especialmente con respecto a la ubicación de la estación.
- 35 Los puntos de acceso en este servicio de distribución inalámbrico a modo de ejemplo desempeñan un doble papel: por un lado, los puntos de acceso actúan como un punto de acceso de la norma 802.11 básica, proporcionando características especiales a sus estaciones asociadas. Por otro lado, los puntos de acceso son las propias estaciones inalámbricas, que se comunican entre sí para cumplir los servicios que han proporcionado a su conjunto de servicios básicos (BSS).
- 40 Un escenario típico de un escenario inalámbrico a modo de ejemplo con dos BSS y un sistema de distribución (DS) se representa en la figura 2.
- 45 Las estaciones uno 20, dos 22, y tres 24 en el BSS1 26 y las estaciones cuatro 28 y cinco 30 en el BSS 32 constituyen dos BSS no solapantes. El punto 34 de acceso (AP) en el BSS1 26 y el punto 36 de acceso en el BSS2 32 posibilitan la comunicación entre BSS. A continuación se tratará el mecanismo MAC que soporta esta comunicación en un sistema de distribución inalámbrico (WDS).
- 50 Pueden realizarse las siguientes suposiciones con respecto a los posibles escenarios según las realizaciones de la invención:
- 1) Colocación ad-hoc de puntos de acceso:
- 55 La posición espacial de los puntos de acceso se desconoce para los mismos y para los otros puntos de acceso; un punto de acceso puede colocarse de manera arbitraria en una zona dada. No existe ningún conocimiento previo con respecto a la estructura del entorno, las distancias entre los AP vecinos, y la situación de interferencia; y además no existe la posibilidad de obtener información geográfica acerca de los AP u obstáculos entre los mismos.
- 60 2) La topología de punto de acceso es semiestacionaria a estacionaria:
- Las velocidades de cualquier cambio de AP son insignificantes comparados con los movimientos de estaciones asociadas y los patrones de tráfico.
- 65 3) La red de puntos de acceso no se conecta completamente:

Debido a condiciones de interior o grandes zonas a las que va a darse servicio, no puede suponerse que la gráfica de comunicación de los AP, que describe la posibilidad de comunicación directa entre AP, está completamente conectada. Sin embargo, cada par de AP debe conectarse mediante una trayectoria de posiblemente varios otros AP, lo que significa que la gráfica de comunicación está conectada.

5 Una implicación de esta suposición es la imposibilidad de una difusión sencilla en el DS, lo que complica cualquier intento de una coordinación centralizada. Otra es la necesidad de un mecanismo de multisalto, que permite a los AP retransmitir datos desde un AP a otros AP y así sucesivamente de modo que los datos pueden continuar en su camino hasta un destino final.

10 Un escenario de ejemplo en el que se necesita comunicación de multisalto puede observarse en la figura 3, que es otro escenario 40 de multisalto inalámbrico. Mediante el uso transparente del DS 42 y una conexión 44 de multisalto entre el AP 46 y el AP 48, las estaciones en BSS1 50 pueden conectarse a una estación 8 46, que actúa como una pasarela a Internet 52. Sin un DS 42 habilitado de multisalto, esto sería imposible porque la estación 4 48 no puede alcanzar y comunicarse de manera inalámbrica con la estación 8 46.

15 Los puntos de acceso a modo de ejemplo pueden tener sólo una radio de única frecuencia. Este requisito simplifica y disminuye el coste de la construcción de AP, pero provoca la complicación de que el DS y cada BSS tienen que compartir el mismo medio inalámbrico, dando como resultado posibles conflictos y disminuciones de eficacia. Una mejora a modo de ejemplo del protocolo MAC puede lograrse usando radios de frecuencia dual o incluso radios de múltiples frecuencias.

20 En las realizaciones de la invención tratadas a continuación, debe entenderse que una estación es (1) un punto de acceso de la norma 802.11 básico, que puede proporcionar servicios de gestión como asociación y creación de una BSS, y (2) es una estación en un sistema de distribución inalámbrico, que puede usar comunicación de multisalto entre sus iguales para obtener habilidades necesarias para sus funciones de punto de acceso, y (3) se coloca en un escenario como se explicó anteriormente que está definido para que sea una estación de red de malla o punto de malla.

25 A diferencia del EDCA, que se usa en una fase de tráfico de AP, un protocolo MAC a modo de ejemplo permite una comunicación de multisalto eficaz en la red de malla. El uso de oportunidades de transmisión negociadas (TxOP) de igual longitud da como resultado un acceso al medio previsible, ya que todos los puntos de malla vecinos pueden conocer qué punto de malla en la red de malla desempeña qué parte durante una TxOP. Este conocimiento/información mejorado proporcionado a los puntos de malla permite al protocolo permitir una mayor reutilización espacial, lo que va seguido directamente por un aumento de capacidad de una red de malla a modo de ejemplo.

30 Un ejemplo sencillo de las posibilidades de reutilización espacial puede encontrarse en la figura 4. Los puntos de malla STA1 60, STA2 62, STA3 64 y STA4 68 tienen cada uno su propio BSS y probablemente varias estaciones móviles asociadas. Las estaciones móviles en el BSS del punto de malla STA1 60 genera tráfico que se dirige al punto de malla STA4 68 (el STA4 68 es, por ejemplo, una pasarela o portal a Internet), y el punto de malla STA4 68 responde al tráfico.

35 Dado que el punto de malla STA1 60 y STA4 68 están mutuamente fuera del intervalo de recepción, no pueden comunicarse directamente entre sí. Deben usar rutas de dos, tres saltos por medio de los puntos de malla STA2 62 y STA3 64, que se representan como (1a-c) y (2a-c).

40 Si el punto de malla STA3 64 puede acertar que la utilización simultánea de enlace (1a) y (2c) es posible debido a que la interferencia creada por el punto de malla STA1 60 en el punto de malla STA3 64 durante la transmisión es baja, entonces el punto de malla STA3 64 puede negociar con el punto de malla STA4 68 de manera que el número de TxOP usadas son las mismas que se usan para el enlace (1a). La última información está disponible directamente al punto de malla STA3 64 por medio del procedimiento de negociación entre el punto de malla STA1 60 y el punto de malla STA2 62.

45 De manera similar, los enlaces (1c) y (2a) pueden usarse simultáneamente, lo que da como resultado un diagrama de tráfico/tiempo a modo de ejemplo dado en la figura 5. La figura 5 es un alineamiento óptimo de las transmisiones durante el tiempo para el escenario en la figura 4.

50 EL escenario anterior es un ejemplo del comportamiento óptimo mediante los puntos de malla tal como se observa desde una perspectiva del observador externo, pero no es obvio cómo los puntos de malla operan para mostrar este comportamiento.

55 Los protocolos MAC ya existentes, como EDCA, no soportan transmisiones en paralelo. En una solicitud de patente relacionada, publicado con el número WO 2006/120651 A2, (número de expediente del abogado PH000953), titulada, "Distributed Medium Access Protocol for Wireless Mesh Networks", se enseña un nuevo protocolo MAC que permite una comunicación de multisalto eficaz en la red de malla. En la misma, se enseña que el uso de

propiedades negociadas de igual longitud TxOP da como resultado un acceso al medio previsible, ya que todos los puntos de malla vecinos pueden conocer qué punto de malla desempeña qué parte durante una TxOP. Este conocimiento mejorado permite al nuevo protocolo MAC proporcionar mayor reutilización espacial, lo que conduce directamente a un aumento de capacidad de la red de malla.

5 Las realizaciones de la presente invención mejoran adicionalmente la eficacia de comunicación de multisalto en una red de malla proporcionando, entre otras cosas, un método que permite que los puntos de malla aprendan a estimar el entorno y decidir si son posibles transmisiones simultáneas en el entorno estimado. Los mecanismos internos posibles de los puntos de malla se explican en las siguientes secciones.

10 Una característica de las realizaciones de la presente invención es una definición de un nuevo algoritmo distribuido y de aprendizaje que se usa por los diversos puntos de malla para predecir si puede usarse una nueva oportunidad de transmisión (TxOP) o ranura de transmisión para una transmisión.

15 El algoritmo distribuido a modo de ejemplo, en primer lugar, detecta los dispositivos que participan en la red recibiendo información desde balizas y/o cabeceras de tráfico de otro punto de malla u balizas de otro punto de malla. Luego, el algoritmo distribuido a modo de ejemplo mide y almacena la intensidad de señal recibida para cada nodo en su red. A continuación, el algoritmo distribuido estima la calidad de los enlaces en el entorno del punto de malla basándose en cada una de las relaciones portadora a interferencia (Col) del enlace. Con esta información de Col, el punto de malla puede calcular una gráfica o tabla que representa los diferentes enlaces existentes y usar la gráfica o tabla para decidir si puede tener lugar una nueva transmisión simultánea en el entorno existente.

Puntos de malla de aprendizaje

25 Antes que los puntos de malla puedan aprovechar la transmisión simultánea, cada punto de malla debe aprender a modelar su entorno actual. Un modelo de un entorno actual del punto de malla se denomina un modelo mundial. Este modelo mundial debe ser tan sencillo como sea posible, abstrayendo de la realidad todo lo posible. Además, el modelo mundial debe ser tan detallado como sea necesario con el fin de proporcionar buenas estimaciones de diversas opciones disponibles para una transmisión específica. El modelo mundial se actualiza continuamente por sensores de su punto de malla. Los sensores del punto de malla son las entidades de recepción de la capa física junto con la información acerca de las propiedades de TxOP, balizas recibidas, elementos de información, y transmisiones escuchadas.

35 De vez en cuando, se logra una petición para una nueva propiedad de TxOP o una petición para cambiar una propiedad de TxOP existente en un punto de malla. Por ejemplo, puede producirse una nueva petición de propiedad de TxOP o una petición para cambiar una propiedad de TxOP existente porque se inicia un nuevo flujo de tráfico mediante un punto de malla asociado o porque se recibe una petición de negociación de propiedad de TxOP por un punto de malla vecino. Estas peticiones se procesarían usando el modelo mundial para encontrar TxOP libres que se adapten al estado actual con respecto al papel pretendido (transmisor o receptor) y la prioridad del tráfico.

40 Tras procesar una petición usando el modelo mundial, la información resultante se usa de manera que el proceso de negociación de TxOP selecciona un conjunto adecuado de TxOP e inicia el proceso de negociación (o responde a la petición respectivamente), probablemente prefiriendo las TxOP que conducen a una transmisión simultánea.

45 La estructura extraída de una estación 70 que se puede adaptar a la interferencia que se produce en una red puede observarse en la figura 6. La figura 6 es la estructura general de un punto 70 de malla atento a la interferencia. El punto de malla o estación 70 atento a la interferencia a modo de ejemplo se ubica en un entorno de una pluralidad de puntos de malla y/o estaciones 72. Las transmisiones del entorno 72 se reciben por sensores 73 de una estación. Una receptor 74 es parte de los sensores de la estación y recibe transmisiones. La estación determina propiedades 76 de TxOP y descifra balizas 78 recibidas. La información recibida de los sensores 73 se procesa de manera que puede crearse el modelo 80 mundial. Las peticiones para las peticiones 82 de TxOP nuevas o cambiadas también se proporcionan al modelo 80 mundial de manera que puede actualizarse de manera continua. El modelo 80 mundial proporciona TxOP disponibles o utilizables para peticiones a los actuadores 84. La negociación 86 de TxOP se realiza usando información del modelo 80 mundial y otra información relacionada con las peticiones para propiedad de TxOP nueva o cambiada. El transmisor 88 transmite los resultados de las negociaciones de TxOP de la estación 70 fuera del entorno 72 de red.

Medición del rendimiento de aprendizaje

60 Antes de describir cómo las entidades (puntos de malla, estaciones, etc.) en una red realizan el proceso de aprendizaje de cómo cada entidad entiende su entorno con el fin de crear un modelo mundial, en primer lugar se define qué es un buen comportamiento de un punto de malla, y qué tipo de acciones deben evitarse por un punto de malla.

65 Las realizaciones de la invención se interesan principalmente en la habilidad de las estaciones para realizar transmisiones simultáneas. No se tratan otros criterios que implican una selección óptima de TxOP en condiciones

imparciales o requisitos de QoS como rendimiento global y retardo. Por tanto, el algoritmo a modo de ejemplo, que elige y negocia las TxOP, se maneja como una caja negra que obtiene un conjunto de TxOP que pueden ser adecuadas para una transmisión específica hasta/desde un punto de malla, combinado opcionalmente con una evaluación de cada TxOP. Como resultado, el rendimiento del algoritmo de aprendizaje puede medirse mediante el número de “buenas” TxOP que propone a esta caja negra, en comparación con el número de “malas” TxOP.

Para definir los términos “buena” y “mala” TxOP de manera más precisa, las figuras 7(a) y (b) son útiles. Las figuras 7(a) y (b) representan mediciones de intensidad de señal cuando (a) El Tx 90 está transmitiendo y (b) cuando el Rx 100 está recibiendo.

Ambas subfiguras (a) y (b) muestran un entorno de ejemplo con 11 puntos de malla, dos de estos están marcados como el punto 90 de malla de transmisión y 100 de recepción respectivamente. En la figura 7(a), la potencia 102 de transmisión del punto 90 de malla de transmisión está dibujada en color de tono de gris. La intensidad de la potencia 102 de transmisión es proporcional para la distancia al punto de malla. La figura 7(b) muestra la potencia de transmisión (en forma de línea en tono de gris) de todas las otras estaciones en el entorno como se observa desde el punto 100 de malla Rx. En ambos casos, una línea 104 indica el tráfico desde el punto 90 de malla Tx hasta 100 Rx.

La decisión de si una TxOP es “buena” debe realizarse basándose en el papel deseado del punto de malla: si un punto de malla desea transmitir, una TxOP es “buena” si no perturba una transmisión simultánea mediante su interferencia. Con la potencia 102 tal como se indica en la figura 7(a), el punto 90 de malla de transmisión interferiría seguramente de manera desfavorable con, o perturbaría a, cualquier transmisión que se recibe en los puntos “1a-1c” de malla. El impacto sobre la recepción en puntos “2a-2d” de malla sería mucho menor. Además, una transmisión desde el punto de malla “2b” al “2a” no debe ser un problema; mientras que una transmisión entre puntos “3a-3b” de malla no detectaría nada desde una transmisión 102 de Tx 90. Adicionalmente, el efecto de la transmisión depende no sólo en la distancia a otro punto de malla, sino también de la posición del emisor de la transmisión simultánea: interfiere menos si la distancia desde el emisor simultáneo hasta el transmisor 90 es muy pequeña.

La segunda circunstancia, tal como se indica en la figura 7(b), se produce cuando el punto de malla desea recibir 100. Una TxOP se denomina ahora “buena” si al mismo tiempo una transmisión simultánea crea sólo una interferencia sin perturbación o baja en el receptor. Esto es, por ejemplo, la situación si los puntos “2a-2b” o “3a-3b” de malla están enviando.

En el entorno representado de las figuras 7(a) y (b) se realizan algunas simplificaciones. La forma de la intensidad 102 de señal puede ser más complicada que un círculo alrededor del punto 90 de malla de transmisión. Además, la forma puede no ser constante en el tiempo. Se entiende que los obstáculos en movimiento y/o las diferentes condiciones de canal pueden cambiar los efectos de una transmisión.

El modelo mundial

La tarea del modelo 80 mundial dentro del punto 70 de malla de aprendizaje es representar el entorno circundante de la manera más sencilla que permita una buena predicción de si una TxOP dada es o no “buena”. La implementación detallada del modelo mundial, que también incluye cómo se usan las salidas de los sensores para actualizar su estado, es naturalmente independiente de las especificaciones de protocolo de comunicación, y puede optimizarse para cumplir diferentes objetivos. Por ejemplo debe realizarse una compensación entre la complejidad necesaria, el esfuerzo computacional usado y la precisión de las predicciones.

El modelo 80 mundial está limitado por la sensibilidad y precisión de los sensores 73 dados. Un modelo óptimo, en el caso tratado en este caso, conocería la posición de todos los puntos de malla en su red, así como las características de enlace entre los puntos de malla, junto con la colocación de cualquier obstáculo. Naturalmente, una situación de modelo óptimo de este tipo no es posible en el mundo real, ya que alguna de la información necesaria sólo puede obtenerse utilizando enormes cantidades de tráfico de sobrecarga (para las características de enlace mutuo) o no puede lograrse en ninguna circunstancia (es decir, como conocer la colocación de cualquier obstáculo).

El siguiente modelo mundial es por tanto sólo un ejemplo. El siguiente modelo mundial se basa en el protocolo MAC utilizado y alguna información que puede obtenerse como un producto secundario del protocolo MAC utilizado.

Un modelo mundial a modo de ejemplo se deriva del hecho de que en redes inalámbricas la probabilidad de éxito de una transmisión se determina principalmente por la relación de la intensidad de señal útil en el receptor frente a la intensidad de las señales de interferencia. En otras palabras, dos posibles motivos de la interferencia debida al ruido de fondo y transmisiones simultáneas. Por tanto, esta relación, denominada portadora a interferencia (C/I), se mide como

$$CoI = \frac{C}{N + \sum I}$$

5 C es la intensidad de señal de la portadora, N es el ruido actual y la suma representa la interferencia que se produce por otras transmisiones. Habitualmente $\sum I \gg N$, si existe una transmisión simultánea; por tanto, puede despreciarse el ruido en los casos no triviales.

Es importante observar que deben tenerse en cuenta dos relaciones CoI diferentes, la CoI de receptor y la CoI de interferencia, antes de iniciar una nueva transmisión simultánea:

10 1. La CoI de receptor

Esta CoI refleja la probabilidad de éxito de que el receptor de una transmisión simultánea pueda decodificar la señal a pesar de la transmisión primaria.

15 2. La CoI de interferencia

Introduciendo una nueva transmisión simultánea, el transmisor crea una nueva fuente de interferencia para la transmisión primaria. Por tanto, ambos puntos de malla del nuevo enlace deben evitar que esta nueva interferencia sea intensa en el receptor original.

20 En realizaciones de la invención, el estado actual del modelo mundial puede representarse mediante una gráfica, diagrama, tabla de datos u otros medios aplicables de intensidad de señal. Una gráfica de intensidad de señal puede ser una gráfica completa $G = (V, E)$ junto con una función en peso $w: E \rightarrow N$ que conecta un número entero a cada borde de la gráfica. Cualquier punto de malla que se reconoce por un sensor (como una entidad de Rx o un protocolo de baliza) se representa como un nodo en la gráfica. El peso de un borde entre dos nodos (X, Y) es una estimación de la intensidad de señal medida en el nodo Y si el nodo X está enviando/transmitiendo datos. Como los enlaces entre los nodos son, por suposición, bidireccionales $w(X, Y) = w(Y, X)$ y la gráfica puede ser no dirigida.

30 La figura 8 proporciona una gráfica a modo de ejemplo para los cinco puntos Tx, Rx, 1, 2 y 3 de malla. La intensidad de señal se extrae como un peso del borde de conexión. Por tanto, la figura 8 es una gráfica de intensidad de señal para un escenario con las estaciones Tx, Rx, y 1 a 3. Tener un modelo mundial bien creado para cada punto de malla aproximará muy bien el estado actual del entorno. Luego, los puntos de malla que poseen esta gráfica (es decir, la figura 8) pueden calcular una estimación de la CoI de interferencia durante una transmisión simultánea desde Tx hasta Rx. Además, el modelo mundial puede soportar el cálculo de la CoI de receptor en Rx.

35 La CoI de interferencia se estima dividiendo el peso del enlace que representa la transmisión simultánea entre la interferencia que se produce por Tx (dada por $w(Tx, [receptor\ de\ la\ transmisión\ simultánea])$). Cuanto mayor es el cociente de estos dos pesos, menor es la posibilidad de que Tx interfiera con la transmisión.

40 De manera similar el receptor calcula un valor de CoI como el cociente de $w(Tx, Rx)$ y la interferencia de la transmisión simultánea, que se representa por $w(Rx, emisor\ de\ la\ transmisión\ simultánea)$. Un indicador alto también expresará en este caso una alta posibilidad de una recepción satisfactoria.

45 Evidentemente el método a modo de ejemplo puede extenderse fácilmente a múltiples transmisiones simultáneas o a múltiples transmisiones de receptor.

Un algoritmo a modo de ejemplo puede calcular la CoI para cada posible transmisión simultánea y luego la tasa de todas las TxOP dada la información acerca de las propiedades actuales que usan el protocolo de propiedad como un sensor. La gráfica a modo de ejemplo (o datos derivados desde la misma) proporciona un resultado que es una lista de "buenas" TxOP, que es probable que proporcionen un alto éxito de recepción y una baja relación de interferencia a otras transmisiones paralelas. Además, puede proporcionarse un umbral que determina si la relación de CoI calculada es lo suficientemente alta. Alternativamente, puede realizarse una decisión sobre si la CoI es apropiada para transmisiones en paralelo basándose en una función de umbral flexible (que puede aprenderse) como la

50 función sigmoidea $(\frac{1}{1 + e^{-x}} + desviación)$.

55 Los indicadores de CoI calculados para la transmisión de Tx a Rx en la gráfica de ejemplo dada pueden observarse en la tabla 1, se omiten todos los pares imposibles de transmisiones (tales como Tx -> Rx y Rx -> 2 en el mismo momento).

Tabla 1: Col de interferencia y Col de receptor si se produce una transmisión simultánea desde Tx hasta Rx.

| Transmisiones en TxOP | Col de receptor [dB] | Col de interferencia [dB] |
|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| ninguna | 0 | máxima |
| 1 -> 2 | 4 | -2 |
| 2 ->1 | 10 | -14 |
| 1 -> 3 | 4 | -1 |
| 3 -> 1 | 13 | -16 |
| 2 -> 3 | 10 | 5 |
| 3 -> 2 | 13 | 1 |

5 La tabla 1 muestra claramente que la transmisión Tx -> Rx no puede planificarse simultáneamente a la mayoría de las otras transmisiones posibles, quizá sólo paralela a la transmisión 2->3. Un caso diferente puede observarse si se examina la gráfica del ejemplo de introducción (figura 4), que se da en la figura 9, que es la gráfica de intensidad de señal para el escenario dado en la figura 4.

10 Si se planifica la transmisión desde el punto de malla 4 68 al punto de malla 3 64 en una TxOP, el indicador de interferencia para 1 -> 2 es $10 \cdot \log(60 / 15) = 6$ dB, y el indicador de recepción para 1 -> 2 también es 6 dB, lo que puede evaluarse como una TxOP "posible" si se usa un modo PHY lento.

15 Antes de representar cualquiera de los métodos a modo de ejemplo para establecer la gráfica y los pesos asociados, debe entenderse que la extracción hecha en el modelo mundial puede utilizarse fácilmente con tipos variables de tecnologías de transmisión tales como antenas dirigidas/direccionales o dispositivos MIMO: si mejoran la relación Col de receptor y/o bajan la Col de interferencia, su rendimiento se incorpora directamente en el modelo.

20 De manera similar, los efectos de obstáculos como paredes influyen indirectamente en la gráfica y por tanto también pueden incorporarse.

25 El aprendizaje continuo de la gráfica puede dividirse en dos tareas separadas: en primer lugar, debe aprenderse la estructura de la gráfica (V, E). La estructura de la gráfica (V, E) es la identificación de los participantes de la red. En segundo lugar, se aprenden los pesos en la gráfica. Las dos primeras tareas se llevan a cabo de manera continua mientras que la estación está operando. Las dos tareas pueden llevarse a cabo a una velocidad que se puede adaptar al entorno, permitiendo así al modelo ser una buena aproximación del entorno y pudiendo también reaccionar a los cambios. El proceso de aprendizaje se hace difícil por cualquier salida insuficiente y no fiable de los tres sensores 74, 76, 78 que se usan ya que no se han diseñado específicamente para cumplir la tarea a modo de ejemplo. Por tanto, el filtrado de la salida del sensor es una de las subtareas más importantes del proceso de aprendizaje a modo de ejemplo.

30 Otro y quizá el último requisito del proceso de aprendizaje es que el proceso de aprendizaje debe reconocer situaciones en las que su conocimiento es insuficiente para dar como resultado buenas estimaciones para los dos valores de Col. En detalle, debe ignorarse un resultado del proceso de aprendizaje si se sobreestima la Col de interferencia y por tanto perturba una transmisión existente.

35 **Aprendizaje de los participantes de la red**

40 Reconocer otros puntos de malla en la red 72 puede realizarse fácilmente usando el protocolo de acceso de periodo de baliza a modo de ejemplo y recibiendo cabeceras de tráfico de otro punto de malla. A partir del protocolo de baliza, un punto de malla puede identificar el emisor de baliza, los vecinos del emisor y los vecinos del vecino, ya que cada uno ellos se anuncian en el vector propietario del BPOIE.

45 En el tráfico durante el MTP, cada tren de tráfico tiene una cabecera inicial que da la estructura de los siguientes vagones, incluyendo el recipiente de cada vagón. Usando esta información, un punto de malla puede detectar otros puntos de malla prestando atención a las cabeceras aunque en la TxOP no sea un receptor.

50 Cada instancia de un DEVID del punto de malla (o bien en el BP o bien durante el MTP) puede observarse como un "sonido" que indica que el punto de malla está "activo". Se recomienda que se incluya un punto de malla en la gráfica la primera vez que se escuche un "sonido" desde éste. Y, debe eliminarse de la gráfica con una probabilidad que aumenta con la cantidad de tiempo que pasa sin que se escuche ningún "sonido".

Aprendizaje de la intensidad de señal

55 Para cada nuevo punto de malla que se reconoce, debe estimarse la ponderación o priorización de la señales desde los otros puntos de malla. Esto puede realizarse de diversas maneras. Cada sensor da algunas pistas sobre cómo deben fijarse los pesos de señal, lamentablemente las salidas del sensor son a menudo ruidosas y deben filtrarse o ponderarse antes que puedan tenerse en cuenta.

Por ejemplo, en primer lugar, si una gráfica actual consiste en N puntos de malla, deben estimarse (N+1)*N/2 pesos. De aquellos enlaces, (N - 1) se conectan directamente al punto de malla de aprendizaje. Los enlaces conectados directamente pueden conocerse más rápido y con más confianza. Es notable que en una interferencia a modo de ejemplo y en la Col de receptor, tres de cada cuatro señales que se necesitan ponderar eran enlaces directos o bien del transmisor o bien del receptor; sólo una señal ponderada en la Col de interferencia estaba dentro de una distancia de un salto, ya que la ponderación describía la intensidad de señal de la transmisión primaria medida en el receptor primario. Para evitar la sobreestimación de la Col de interferencia, el límite inferior de esta función de ponderación es decisivo.

5
10 En segundo lugar, aprender los (N - 1) enlaces directos puede realizarse usando la información de sincronización en el protocolo de periodo de acceso de baliza junto con alguna información secundaria por la capa PHY. Usando el periodo de baliza (BP), un punto de malla detecta el instante en el tiempo cuando un punto de malla vecino está transmitiendo su baliza. Además, debido a las normas estrictas en el BP, el punto de malla detectará que ningún otro punto de malla cercano está transmitiendo durante el tiempo de BP.

15 Para cada ranura de baliza en el BP, la capa PHY puede medir la intensidad de señal integrada, y luego notificar esta intensidad a la capa MAC. La capa MAC combina entonces esta información con el protocolo de acceso de BP para determinar una estimación de la intensidad de señal de un vecino particular.

20 El peso en cada enlace puede calcularse a continuación usando este método de estimación. La solución más fácil será sencillamente tomar la estimación más actual y despreciar los valores más antiguos. Otra solución, quizá más inteligente puede ser realizar un filtrado paso bajo de los estimados con el fin de obtener un promedio ponderado exponencial en ejecución. Si la medición más reciente, obtenida en el número periodo de baliza t, se indica como, la estimación en ejecución se calcula como:

$$\hat{e}_t = \alpha \cdot e_t + (1-\alpha) \cdot \hat{e}_{t-1}$$

25 con α como un parámetro que pondera la importancia de nuevas mediciones frente al conocimiento antiguo. Esta solución resolverá evidentemente el problema de mediciones ruidosas cortas, aunque aumenta la complejidad computacional.

30 Finalmente, una tercera posibilidad a modo de ejemplo para aprender los enlaces es usar un filtro Kalman unidimensional para obtener una estimación incremental usando las mediciones. Un filtro Kalman supone un ruido gaussiano blanco aditivo con una varianza desconocida como un error en las mediciones PHY; puede calcular la intensidad de señal "real" esperada actual junto con la varianza que se supone junto con esta estimación. Una ventaja del filtro Kalman es que pondera la influencia de nuevas mediciones proporcionales al grado actual de creencia de la estimación. Por tanto, puede observarse como una mejora del promedio ponderado exponencial. En el último caso, todas las mediciones se ponderan con el mismo α ; en cambio, el filtro Kalman puede adaptar este coeficiente a la varianza actual.

35
40 La complejidad computacional aumentada en comparación con el promedio ponderado exponencial es un inconveniente obvio del filtro Kalman.

45 Usando uno de los mecanismos descritos, el punto de malla de aprendizaje puede aprender o establecer un peso para todos los enlaces directos mientras que todos los otros enlaces permanecen desconocidos. Tal como se explicó anteriormente, una estimación del límite inferior del peso de los otros enlaces es suficiente para un buen cálculo de Col de interferencia; por tanto, pueden usarse dos métodos diferentes que tienen diferentes complejidades.

50 El primer método se explica mediante el uso de la figura 10. En la figura 10, el punto de malla "2" 62 desea aprender la intensidad de señal de la ruta (1). En este escenario muy sencillo, el punto de malla "2" 62 desea inicializar una transmisión que es simultánea a la transmisión (1) desde el punto de malla "3" 64 hasta el punto de malla "4" 68. Por tanto, el punto de malla "3" 62 debe calcular la Col de interferencia, lo que necesita un límite inferior de la intensidad de señal que se detecta en el punto de malla "4" si el punto de malla "3" está transmitiendo.

55 En este caso, puede usarse el protocolo de acceso al medio (MAC) durante la fase de tráfico de malla como un sensor simple para obtener información acerca de esta intensidad de señal. Cuando se usa la agregación de trama en la cabecera de tren entonces se indica el modo PHY para cada receptor. Puesto que una cabecera de tren se envía en un modo PHY básico, las posibilidades son altas de que el punto de malla "2" 62 recibirá y leerá esta cabecera y por tanto determina el modo PHY que se usa. Puesto que un modo PHY sólo puede recibirse y leerse de manera satisfactoria si la intensidad de señal en el receptor está por encima de un umbral mínimo, el punto de malla "2" 62 puede concluir la intensidad de señal mínima, lo que es suficiente para la Col. La tabla 2 muestra la intensidad de señal mínima en dBm para los diferentes modos PHY de la norma 802.11.

Tabla 2: La intensidad de señal mínima para la recepción satisfactoria, dependiendo del modo PHY

| Modo PHY | C mínimo (dBm) |
|---------------------|----------------|
| BPSK $\frac{1}{2}$ | -82 |
| BPSK $\frac{3}{4}$ | -81 |
| QPSK $\frac{1}{2}$ | -79 |
| QPSK $\frac{3}{4}$ | -77 |
| 16QAM $\frac{1}{2}$ | -74 |
| 16QAM $\frac{3}{4}$ | -70 |
| 16WAM $\frac{2}{3}$ | -66 |
| 64QAM $\frac{3}{4}$ | -65 |

5 El otro método posible a modo de ejemplo parece dar como resultado una sobrecarga adicional ya que usa IE especiales para difundir la información acerca de las intensidades de señal recibidas en la red. Esta intensidad de señal IE consiste en sólo tres campos: el punto de malla en el que se recibe la señal, el punto de malla de transmisión y finalmente un valor en decibelios que expresa un límite inferior en la intensidad de señal.

10 El límite inferior puede obtenerse mediante la estimación de enlaces directos tal como se explicó anteriormente, especialmente si se usó un filtro Kalman, junto con la varianza, un intervalo de confianza, que puede calcularse para la estimación proporcionando así la información necesaria para difundir el límite inferior de un intervalo.

15 La frecuencia de envío de las SSIE debe ser muy baja. Adicionalmente, es posible adaptar la SSIE al comportamiento del enlace, por ejemplo, la información acerca de un enlace permanente, que sólo cambia ligeramente se difunde con menor frecuencia que la información acerca de un enlace de fluctuación. Además, la información acerca de un enlace no debe enviarse en absoluto si el conocimiento actual no es muy profundo.

20 La integridad de datos acerca de enlaces directos en una SSIE recibida puede confiarse más que en datos de los sensores, ya que los datos SSIE ya se filtraron y sólo se envía el límite inferior. Por tanto, un filtrado paso bajo de los datos con un alfa elevado debe ser suficiente. Una estación puede tener que determinar si reenviar una SSIE recibida o abandonarla. La probabilidad de abandono de la SSIE debe ser desproporcional a la intensidad de enlace directo máxima de las estaciones mencionadas en la SSIE, ya que la información se vuelve irrelevante para los puntos de malla que están incluso más alejados.

25 Las realizaciones de esta invención permiten y proporcionan un método de aprendizaje distribuido en redes inalámbricas. El método de aprendizaje distribuido incluye, para cada nueva transmisión simultánea potencial, detectar otros dispositivos en la red leyendo las tramas de baliza o cabeceras de trama o recipientes de un agregado; detectar las intensidades de señal y/o potencia de transmisión de otros dispositivos por medio de escucha/recepción de transmisiones vecinas para permitir por tanto una creación de un mapa de proximidad que mejora la comprensión de interferencia y reutilización de canal espacial; crear una gráfica completa $G=(V, E)$ que tiene cada dispositivo detectado como un nodo de la gráfica; calcular un valor ponderado de un borde entre dos nodos $w(X,Y)$ usando información de sincronización de la capa MAC (es decir, en el periodo de acceso de baliza y estimando la intensidad de señal); calcular la relación portadora a interferencia (Col) de interferencia dividiendo un valor ponderado de un enlace que representa la transmisión simultánea entre la interferencia que se produce por el transmisor potencial; calcular la Col de receptor como el cociente de un valor ponderado entre el transmisor potencial y el receptor pretendido ($w(Tx, Rx)$) y la interferencia de la transmisión simultánea; calcular la Col para cada posible transmisión simultánea; decidir si transmitir o no basándose en un valor umbral (las TxOP 'buenas' tienen valores de Col de interferencia altos y de Col de receptor altos), y decidir si transmitir o no basándose en algoritmos sofisticados y procedimientos que hacen uso del canal y la información de recepción de transmisiones pasadas. Las realizaciones de la invención pueden incluir adicionalmente la estimación de un valor ponderado de un enlace mediante un promedio ponderado exponencial en ejecución o usando cualquier técnica de filtrado, incluyendo usar un filtro Kalman. Además, puede realizarse una decisión basándose en una función de umbral flexible como la función sigmoidea, almacenar, actualizar y procesar información de medición de transmisiones de estaciones vecinas para aprender de manera adaptativa acerca de las condiciones de canal e identificar suficientes periodos para transmitir satisfactoriamente paquetes, y una combinación de la información de intensidad de señal para formar un modelo de la proximidad circundante.

50 Son posibles muchas variaciones y realizaciones de la invención y método descritos anteriormente. Aunque sólo se han ilustrado en los dibujos adjuntos determinadas realizaciones de la invención y método y se han descrito en la descripción detallada anterior, se entenderá que la invención no se limita a las realizaciones dadas a conocer, sino que pueden realizarse redistribuciones, modificaciones y sustituciones adicionales sin apartarse de la invención tal como se expone y define por las siguientes reivindicaciones. Por consiguiente, debe entenderse que el alcance de la presente invención abarca todas las disposiciones de este tipo y se limita solamente mediante las siguientes reivindicaciones.

55

REIVINDICACIONES

1. Estación (70) adaptada para operar como un punto (62) de malla en una red inalámbrica que comprende una pluralidad de puntos (60, 64, 68) de malla, comprendiendo la estación un módulo (80) dispuesto para determinar si un primer punto (62) de malla puede transmitir a un segundo punto de malla mientras que otro punto (64) de malla, perteneciente a un par de otros puntos (64, 68) de malla, está transmitiendo en el mismo enlace de manera simultánea:
- 5
- calculando una primera relación portadora a interferencia como el cociente de un valor ponderado $w(Tx, Rx)$ entre el punto (62) de malla de transmisor potencial, Tx, y el receptor pretendido, Rx, y la interferencia de la transmisión simultánea, en la que dicho valor ponderado $w(Tx, Rx)$ corresponde a una estimación de la intensidad de señal medida en el nodo Rx si el nodo Tx está transmitiendo datos;
- 10
- calculando una segunda relación portadora a interferencia que corresponde a una estimación de una intensidad de señal que produce la transmisión existente en un punto de malla de recepción del par de otros puntos de malla dividida entre una estimación de una intensidad de señal que producirá la transmisión potencial en el punto de malla de recepción del par de otros puntos de malla; y
- 15
- determinando si dicho primer punto (62) de malla debe transmitir a dicho segundo punto de malla basándose en la comparación de la primera relación portadora a interferencia y la segunda relación portadora a interferencia con un primer valor umbral y un segundo valor umbral, respectivamente.
- 20
2. Red (40) inalámbrica que comprende una pluralidad de puntos de malla según la reivindicación 1.
- 25
3. Método para determinar si un primer punto (62) de malla puede transmitir a un segundo punto de malla mientras que otro punto (64) de malla, perteneciente a un par de otros puntos (64, 68) de malla, está transmitiendo en el mismo enlace de manera simultánea, comprendiendo el método las etapas de:
- 30
- calcular una primera relación portadora a interferencia como el cociente de un valor ponderado $w(Tx, Rx)$ entre el punto (62) de malla de transmisor potencial, Tx, y el receptor pretendido, Rx, y la interferencia de la transmisión simultánea, en el que dicho valor ponderado $w(Tx, Rx)$ corresponde a una estimación de la intensidad de señal medida en el nodo Rx si el nodo Tx está transmitiendo datos;
- 35
- calcular una segunda relación portadora a interferencia que corresponde a una estimación de una intensidad de señal que produce la transmisión existente en un punto de malla de recepción del par de otros puntos de malla dividida entre una estimación de una intensidad de señal que producirá la transmisión potencial en el punto de malla de recepción del par de otros puntos de malla; y
- 40
- determinar si dicho primer punto (62) de malla debe transmitir a dicho segundo punto de malla basándose en la comparación de la primera relación portadora a interferencia y la segunda relación portadora a interferencia con un primer valor umbral y a segundo valor umbral, respectivamente.
4. Método según la reivindicación 3, en el que las estimaciones de intensidades de señal se basan en mediciones de señales recibidas desde otros puntos de malla en la red inalámbrica.
- 45
5. Método según la reivindicación 4, que comprende las etapas de:
- medir intensidades de señal respectivas en ranuras de baliza respectivas en un periodo de baliza;
- 50
- usar un protocolo de acceso de periodo de baliza para asociar una intensidad de señal medida con un punto de malla particular con el fin de obtener la estimación de la intensidad de señal para ese punto (73) de malla.
6. Método según la reivindicación 5, que comprende la etapa de:
- 55
- aplicar un filtrado paso bajo a las intensidades de señal respectivas medidas en periodos de baliza respectivos para un punto de malla particular.

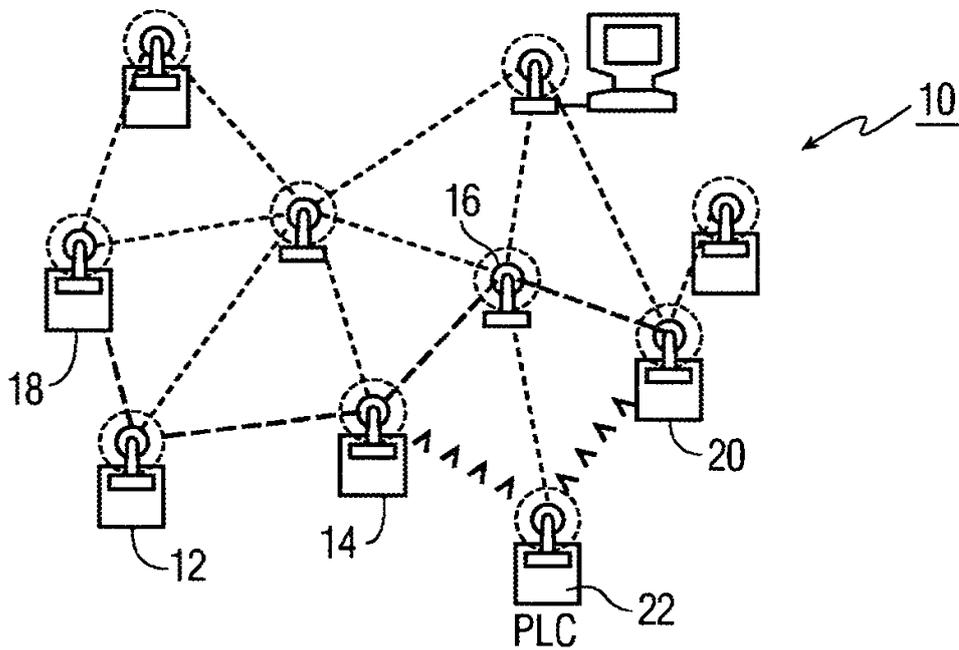


FIG. 1

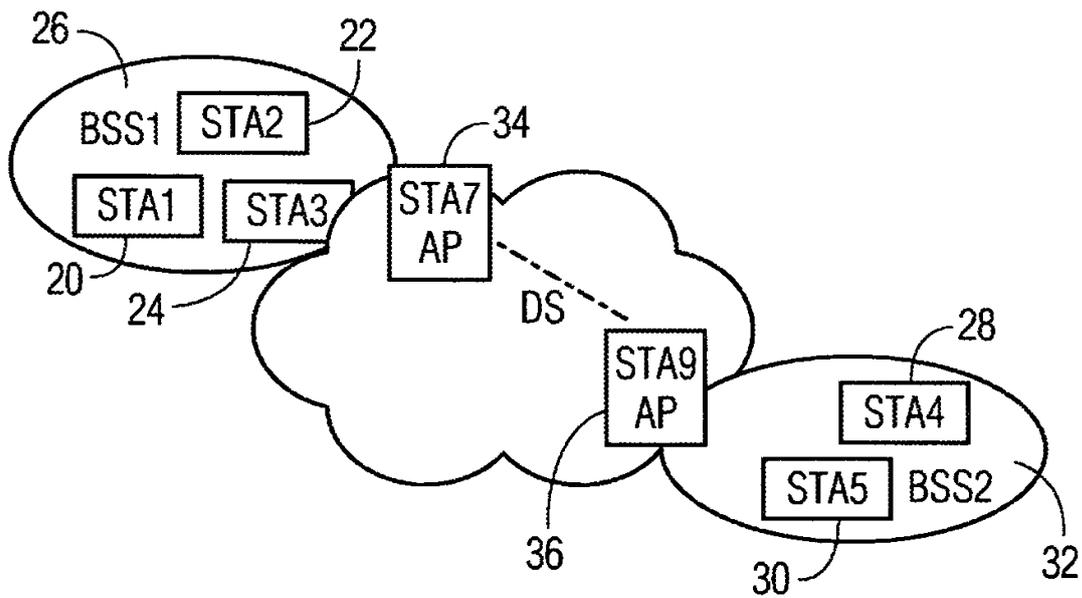


FIG. 2

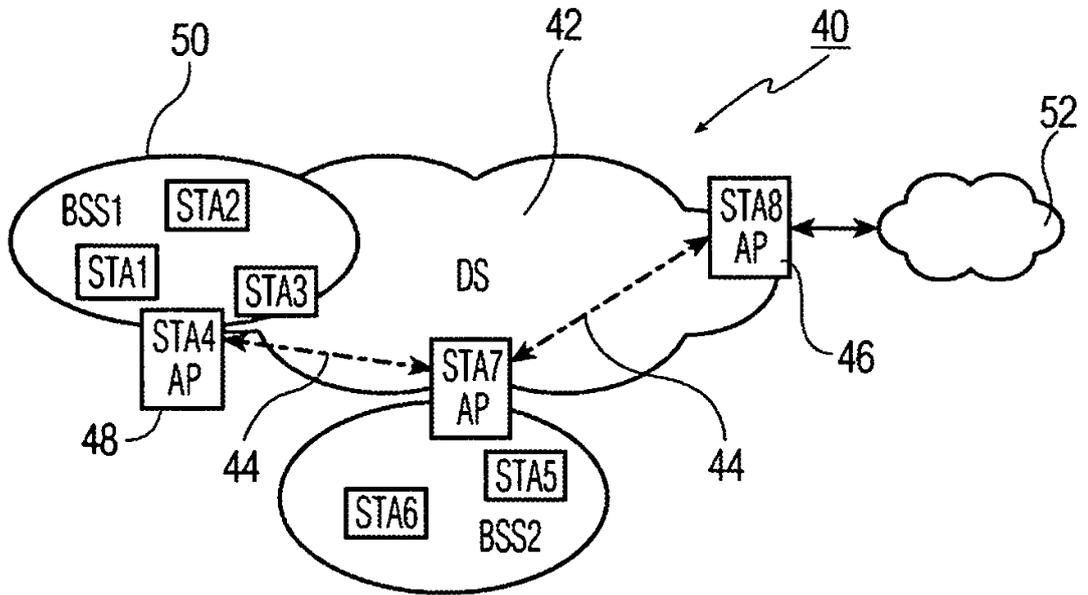


FIG. 3

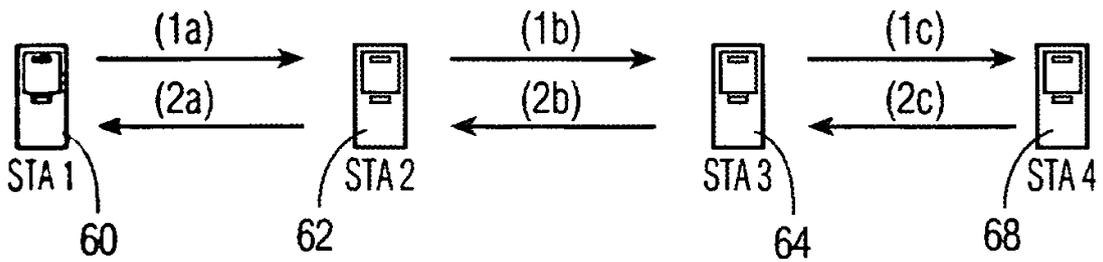


FIG. 4

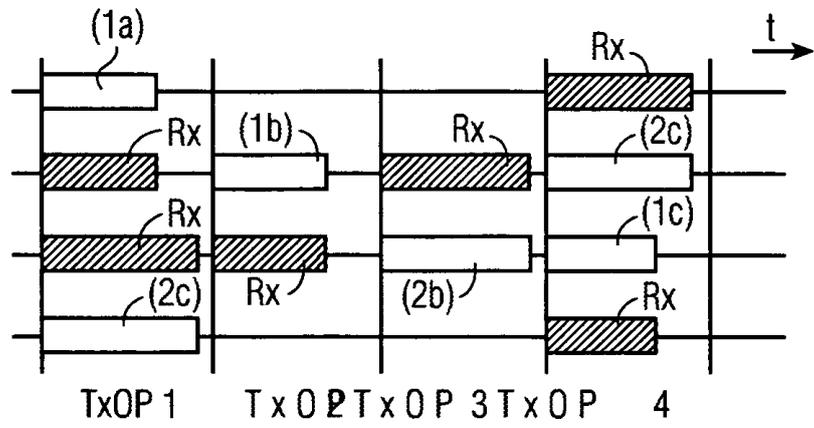


FIG. 5

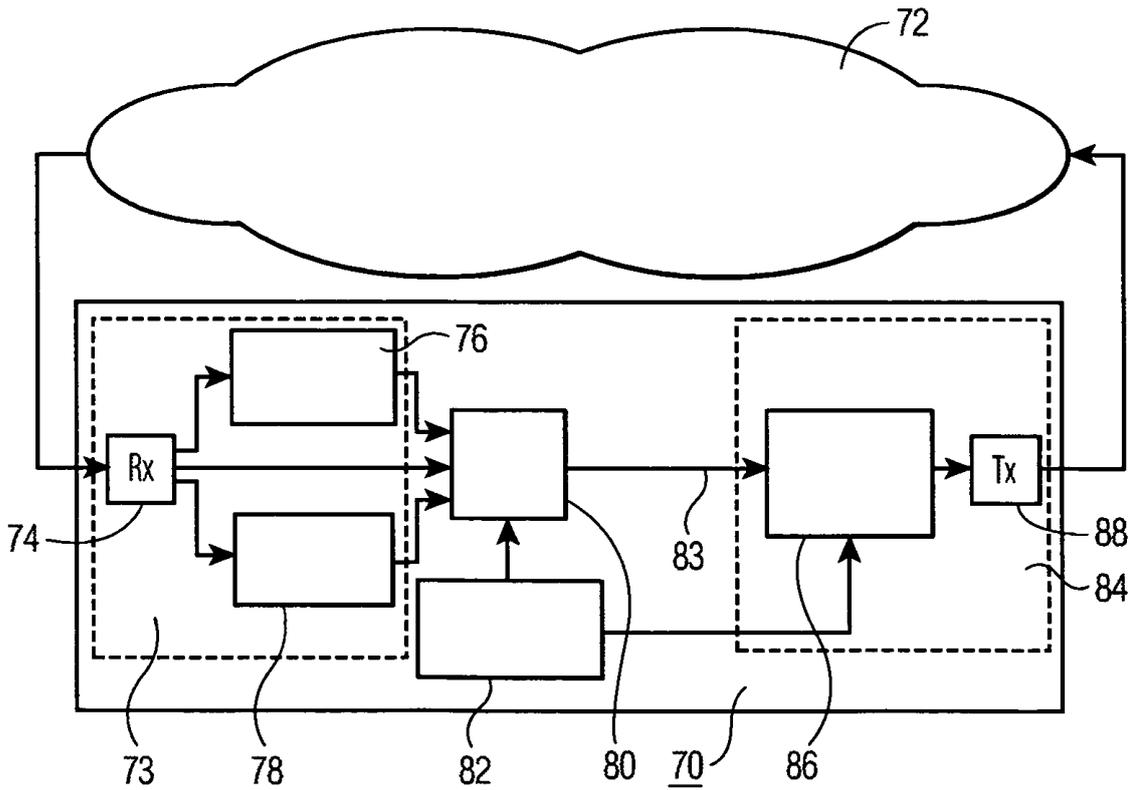


FIG. 6

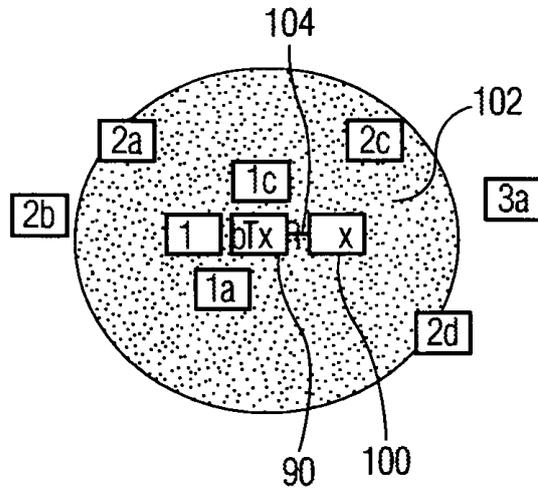


FIG. 7A

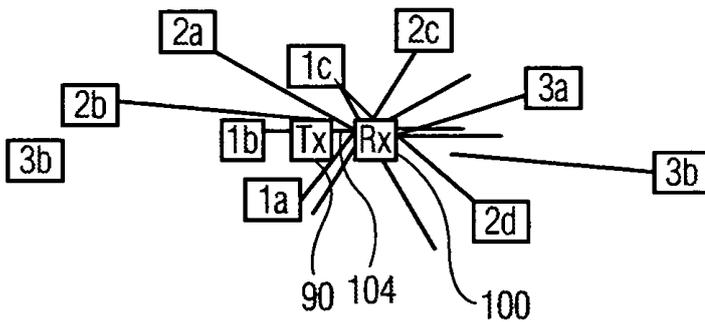


FIG. 7B

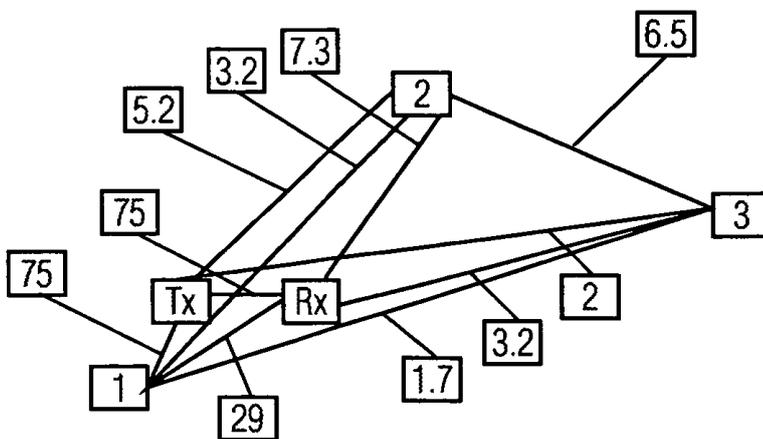


FIG. 8

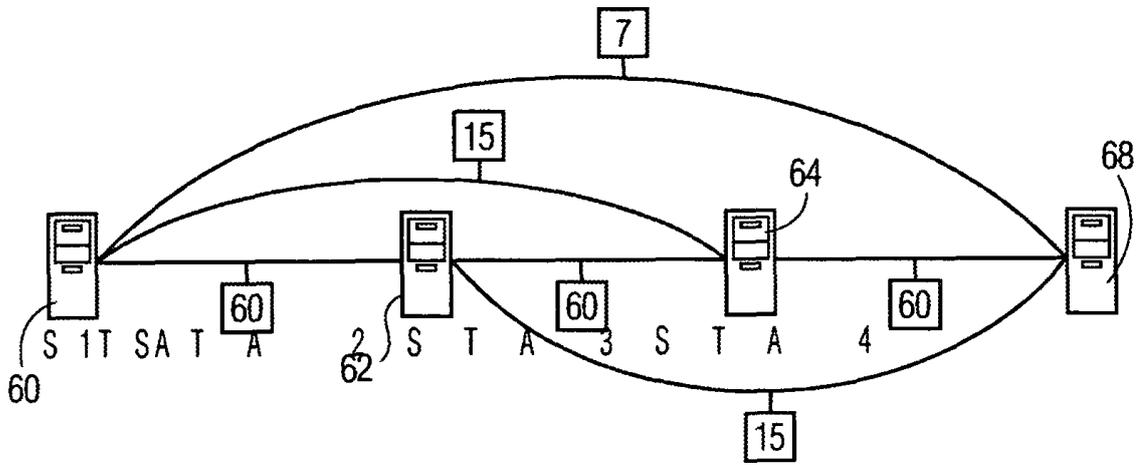


FIG. 9

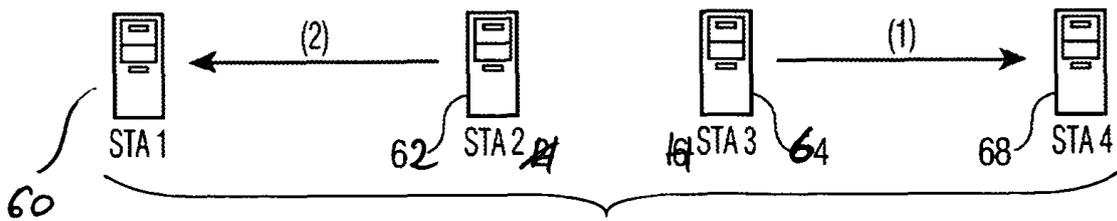


FIG. 10