(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 962 979**

(51) Int. Cl.:

H04L 47/10 (2012.01)
H04W 28/02 (2009.01)
H04W 74/04 (2009.01)
H04W 74/08 (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2020 PCT/EP2020/071916**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **18.02.2021 WO21028268**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2020 E 20749906 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023 EP 4014445**

(54) Título: **Procedimiento de transmisión de paquetes de flujos de datos en una red de comunicación inalámbrica**

(30) Prioridad:

13.08.2019 FR 1909149

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2024

(73) Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles - Esplanade Nord
92400 Courbevoie, FR

(72) Inventor/es:

CIPRIANO, ANTONIO;
FAURE, DAVID y
PIREZ, DIDIER

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Procedimiento de transmisión de paquetes de flujos de datos en una red de comunicación inalámbrica

La invención se refiere a un procedimiento de transmisión de paquetes de flujos de datos en una red de comunicación inalámbrica. Se aplica a la transmisión punto a multipunto, generalmente denominada aquí con el término "multidifusión", en la que un nodo de la red desea transmitir su mensaje a varios otros nodos de la red. También se utiliza en redes de comunicación que operan en unidifusión y en difusión o radiodifusión.

En el ámbito de la transmisión, se pone a disposición un conjunto de recursos para la propagación de un paquete en la red. Por ejemplo, en una red de acceso múltiple por división de tiempo o TDMA, los recursos pueden ser franjas horarias. En una red de Acceso Múltiple por División de Frecuencia o FDMA, los recursos son frecuencias; en Acceso Múltiple por División de Código o COMA, los recursos son códigos de dispersión; en sistemas de Entrada Múltiple Salida Múltiple o MIMO, los recursos son haces espaciales y cualquier combinación posible dependiendo de la capa física PHY y de la capa de acceso a la red o MAC empleada.

La multiplexación de varios flujos multidifusión en una red inalámbrica ad hoc móvil (Mobile Ad Hoc Network - MANET) constituye un problema técnico en cuanto los recursos no son abundantes, como ocurre en las redes MANET actuales. Para este tipo de redes, en general, aumentan los requisitos en términos de rendimiento, número de servicios soportados, número de nodos atendidos simultáneamente en la red, reducción de la latencia, etc.

Para compensar la falta de recursos, las MANET actuales utilizan varios canales lógicos en paralelo (en recursos ortogonales, que adoptan diferentes formas en función de la capa PHY y la capa MAC utilizadas) y una asignación dinámica de recursos para hacer el mejor uso posible de los recursos en función de las necesidades instantáneas de tráfico.

Sin embargo, los servicios con fuertes restricciones de latencia requieren una gestión de recursos radioeléctricos adaptada para reducir los tiempos de asignación de recursos, ya que el retardo en la asignación de recursos tiene un impacto directo en la latencia extremo a extremo experimentada por los usuarios finales. El problema del retardo (o tiempo) de asignación es muy importante en las redes MANET, ya que en este tipo de redes los nodos pueden estar separados por varios saltos (es decir, los nodos están conectados entre sí por otros nodos de la red que retransmiten los mensajes), lo que dificulta el problema de asignación y alarga el retardo de asignación más que en las redes en las que todos los nodos están conectados directamente a un nodo central, como en las células de un sistema celular. En general, el tiempo de asignación de recursos aumenta con el número de nodos de una red, por lo que es difícil controlar este tiempo en una red MANET. Este control puede lograrse, por ejemplo, reservando previamente los recursos, o adelantándose a los recursos que están directamente disponibles para el servicio de tiempo limitado, o adoptando mecanismos de asignación de recursos de gran capacidad de respuesta y rapidez (por ejemplo, disponiendo de franjas horarias muy cortas y ciclos de asignación cortos, como en la 5G civil). Además, en las comunicaciones punto a multipunto dentro de una red MANET caracterizada por una topología muy dinámica debido a la movilidad de sus nodos, es importante disponer de un protocolo de difusión multienlace rápido y robusto ante los cambios topológicos. La técnica de difusión cooperativa es un procedimiento puntero que reúne estas características. Por último, otro problema de las redes MANET se refiere a la gestión de varios flujos que deben difundirse a todas o varias partes de la red. Cuando se desea añadir un canal lógico a la red MANET (para señalización o transmisión de datos) o aumentar la capacidad de los canales existentes, el planteamiento clásico consiste en añadir una nueva capa de frecuencia/código/espacio. Sin embargo, como el número de recursos de frecuencia/código/capa espacial es limitado, no siempre es fácil añadir nuevos flujos a la red. Esto puede suponer un problema cuando, por ejemplo, se quiere aumentar el número de nodos de la red (escalado de red). Además, si algunos de los recursos están reservados previamente para servicios restringidos en latencia, añadir nuevos canales lógicos puede resultar más complejo.

La patente US 4639937 presenta la técnica de retransmisión de avalancha que utiliza el principio de retransmisión cooperativa de difusión. La idea de esta patente es la siguiente: una fuente transmite un mensaje (una o varias veces) mediante una señal que puede repetirse. Todos los nodos de la red que reciben correctamente el mensaje retransmiten juntos la misma señal en los mismos recursos preestablecidos (es decir, ranuras con la misma frecuencia en un sistema TDMA). Los nodos de retransmisión pueden establecer que el mensaje es correcto utilizando procedimientos conocidos en el estado de la técnica, como añadir un código CRC (Cyclic Redundancy Check) en la transmisión que se utiliza en la recepción para detectar errores, o según criterios relacionados con la calidad de la señal, o con otras métricas (como la información mutua acumulada) utilizadas o calculadas durante el procedimiento de descodificación del mensaje). La patente US 4639937 señala que es necesario disponer de tiempo de red compartido (sincronización de red) y que los nodos deben ser capaces de gestionar la recepción de múltiples copias de la señal, ya que la técnica genera un canal multitrayecto artificial en un receptor determinado. Esta patente, redactada en el contexto de las transmisiones en HF, generaliza al caso de los enlaces múltiples la idea de transmisión en una sola frecuencia utilizada en radiodifusión. Por tanto, esta técnica tiene la ventaja de utilizar eficazmente los recursos disponibles para inundar la red, ya que requiere un número de recursos igual al número de saltos y no al número de nodos de la red. También se beneficia de una ganancia de potencia (varios transmisores transmiten la misma señal) y de una ganancia de diversidad espacial (los diferentes enlaces entre los transmisores y un receptor determinado) que se transforma en diversidad de trayectos.

La publicación de B. Zhao y M. C. Valenti, "Practical relay networks: A generalization of hybrid-arq", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (Special Issue on Wireless Ad Hoc Networks), vol. I, p. 1. 23, no. 1, pp 7-18, enero de 2005y la publicación de B. Zhao y M. C. Valenti, "Position-based relaying with hybrid-ARQ for efficient ad hoc networking," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2005 describen una técnica de difusión cooperativa combinada con redundancia incremental. En Zhao, los recursos se dividen en franjas horarias. A partir del mensaje, la fuente emplea una técnica de codificación de canal para generar una palabra clave que contiene información redundante caracterizada por una tasa de codificación entre 1 y M. La palabra clave que representa el mensaje de la fuente se divide entonces en M partes, cada una de las cuales se envía en una ranura diferente. Los nodos receptores (que son potenciales repetidores) escuchan durante las ranuras asignadas a la transmisión y utilizan una técnica conocida con la expresión anglosajona "code combining", es decir, los nodos acumulan la información recibida en todas las ranuras anteriores hasta que consiguen descodificar correctamente el mensaje. Desde un punto de vista práctico, esta acumulación de información puede lograrse, por ejemplo, acumulando relaciones de probabilidad logarítmica (Log-Likelihood Ratio - LLR) de los bits codificados del mensaje antes de descodificar el código de corrección de errores. Para una franja horaria determinada, todos los nodos que han podido descodificar correctamente el mensaje lo recodifican y participan en la transmisión de la siguiente franja horaria. Además de la estrategia de retransmisión simple (cualquier nodo que haya descodificado correctamente retransmite), la publicación también ofrece la activación inteligente de retransmisores en función de su posición respecto al destino.

Publicaciones de B. Sirkeci-Mergen y A. Scaglione, "Coverage analysis of cooperative broadcast in wireless networks", en Proc. IEEE Workshop on Signal Processing and Advances in Wireless Communication, Lisboa, Portugal, Jul. 2004, pp. 16-20 y de Sirkeci-Mergen, A. Scaglione, y G. Mergen, "Asymptotic analysis of multistage cooperative broadcast in wireless networks", IEEE Transactions on Information Theory, vol. II. 52, no. 6, pp. 2531-2550, junio de 2006 también revelan explícitamente el funcionamiento de la difusión cooperativa, en la que todos los nodos participan en la retransmisión simultánea del paquete recibido, en cuanto éste se recibe correctamente (según una métrica determinada, por ejemplo el nivel de relación señal/ruido (Signal to Noise Ratio, (SNR) en inglés). Estas publicaciones también analizan el rendimiento de la retransmisión cooperativa en función de la potencia de transmisión y el umbral de descodificación.

El documento de B. Sirkeci-Mergen y M. C. Gastpar, "On the broadcast capacity of wireless networks with cooperative relays", IEEE Transactions on Information Theory, vol. II. 56, no. 8, pp. 3847-3861, agosto de 2010 evalúa la capacidad de difusión de mensajes “multicast” (multidifusión) mediante retransmisión en difusión cooperativa.

En un contexto restringido en términos de recursos, ya sea debido a una disponibilidad limitada a nivel del sistema (por ejemplo, un número limitado de frecuencias disponibles para MANET), o porque los recursos se asignan de forma estática o cuasiestática, por ejemplo por razones de restricciones de latencia de servicio, cuando el número de flujos aumenta. Una forma de organizar su acceso a los recursos es introducir el acceso aleatorio a través de la competencia. El acceso competitivo es un procedimiento bien conocido que permite varias comunicaciones sobre los mismos recursos y es de interés en el contexto de las comunicaciones de cuarta generación (4G) (por ejemplo para las comunicaciones autónomas entre equipos móviles, “device-to-device D2D”) y más particularmente de quinta generación (5G), en particular para las transmisiones de objetos (“machine type communications MTC” e “internet of things IoT”), en el contexto de las comunicaciones celulares. En este contexto, a veces es preferible no utilizar un procedimiento de asignación de recursos ortogonales porque los recursos son limitados y el número de comunicaciones es mayor (o mucho mayor) de lo que podrían soportar los recursos ortogonales. Se basa en la tasa de actividad (generalmente baja) de los objetos y en patrones no ortogonales de asignación de recursos (firmas), que pueden ser aleatorios, deterministas o una mezcla de ambos. Las dos publicaciones de C. Boyd, R. Vehkalahti y O. Tirkkonen, “Combinatorial code designs for ultra-reliable IoT Random 3ccess”, en IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications workshops (PIMRC 2017), Montreal, QC, Canada, 8-13 Oct. 2017 y “Interference Cancelling Codes for Ultra-Reliable Random Access”, International Journal of Wireless Information Networks, Vol. 25, no. 4, pp 422-433, diciembre de 2018en el marco brevemente mencionado, presentar “códigos” deterministas, es decir, conjuntos de tales firmas.

Otra técnica utilizada en la codificación de red consiste en transmitir combinaciones de paquetes de red, como se describe en el documento de Christina Fragouli y Emina Soljanin, “Network Coding Fundamentals”, NOW editor, Foundations and Trends in Networking, pag Christina Fragouli y Emina Soljanin, “Network Coding Fundamentals”, NOW editor, Foundations and Trends in Networking, pag.1-133, Vol.2, N°1 (2007).

La enseñanza técnica del documento de Fujitsu Fujitsu titulado “Discussion on Uu-based NR sidelink resource allocation”, XP051518000, 28 de septiembre de 2018, divulga un procedimiento para la asignación de recursos, en particular una asignación de recursos semiestática e implementa recursos configurados para el tanteo o recursos basados en un mecanismo de compartición.

Mediatek Inc Mediatek Inc, titulado “ On sidelink resource allocation mechanism “, 20 de enero de 2019, XP05159312 describe un procedimiento de asignación de recursos.

A pesar de las prestaciones de los procedimientos de transmisión conocidos en la técnica anterior, subsisten algunos problemas. Tradicionalmente, los recursos de tiempo-frecuencia para la transmisión de un paquete en un flujo de datos se reservan de forma exclusiva (también conocida como asignación “ortogonal”) para evitar interferir con otros flujos

y recibir o generar interferencias. Los recursos pueden reutilizarse espacialmente en otra zona de la red en la que la interferencia producida por la primera transmisión (y respectivamente la interferencia producida en la nueva zona) sea insignificante en la segunda zona (y respectivamente en la primera zona).

Sin embargo, cuando la transmisión tiene lugar a lo largo de varios saltos y por varios transmisores que compiten entre sí, como en el caso de la retransmisión de difusión cooperativa dentro de una MANET, la zona de interferencia es mayor que en las transmisiones punto a punto y esto puede dificultar la recepción de otro flujo (en los mismos recursos) por los nodos en esta zona de interferencia. La reutilización espacial se vuelve mucho más limitada y puede llegar a ser imposible para redes que no sean muy extensas.

Además, en el estado de la técnica, los recursos se reservan por adelantado para reducir la latencia de extremo a extremo. Esto supone una desventaja cuando no hay paquetes que enviar para un determinado flujo, ya que los recursos no se utilizan y, por tanto, el uso de los recursos no es eficiente.

Uno de los objetivos del procedimiento según la invención es proponer un procedimiento y un sistema para procesar varios flujos de multidifusión en una red de tipo MANET con retransmisión cooperativa, en particular cuando los flujos de datos a transmitir tienen prioridades similares e iguales.

En el resto de la descripción, la expresión “flujo” o “flujo multidifusión” es sinónimo de “grupo multidifusión”. Los usuarios se suscriben a flujos (o grupos multidifusión) y utilizan los recursos correspondientes. Se parte del siguiente supuesto: un usuario sólo escucha los recursos asignados, es decir, reservados previamente, a los flujos/grupos multidifusión a los que se ha suscrito.

Del mismo modo, una unidad de recursos de asignación se denomina “Bloque de Recursos” o RB. Por ejemplo, un bloque de recursos puede ser un intervalo de tiempo en un sistema TDMA (Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo)), un código en un sistema CDMA (Code Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Código)) o derivado, una frecuencia en un sistema FDMA (Frequency Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)), un bloque de subportadoras en un sistema OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal)), una capa espacial en un sistema con múltiples antenas o posibles combinaciones de estos diferentes RB.

La solución propuesta en el procedimiento según la invención se basa en particular en la multiplexación de varios flujos en los mismos recursos de red utilizando un acceso competitivo con firmas de asignación para los flujos. Al controlar las firmas de asignación de recursos, se pueden controlar o incluso evitar las colisiones y borrar las interferencias para reducir el impacto de las colisiones. Esto proporciona una mayor robustez en las transmisiones cooperativas utilizadas para la propagación del flujo. Como resultado, aumenta el rendimiento total (y/o la latencia y/o el número de flujos paralelos y, por tanto, la capacidad de la red).

La invención se refiere a un procedimiento de transmisión de paquetes de flujos de datos dentro de una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo dicha red de comunicación inalámbrica una pluralidad de nodos suscritos a uno o más flujos Fi y compartiendo uno o más recursos RBi para la transmisión de dichos flujos con posibilidades de colisión, uno o más nodos que actúan como fuente para transmitir paquetes de uno o más flujos diferentes, teniendo cada flujo Fi una firma de asignación de recursos Si extraída de un conjunto G(Si) de firmas Si disponibles, teniendo cada recurso Ri una tasa de ocupación n correspondiente a un número de flujos asignados, caracterizado porque comprende al menos las siguientes etapas:

Al menos en un nodo:

- calcular, a partir de las firmas Si de los flujos Fi a los que se suscribe el nodo y para cada uno de estos flujos Fi, los recursos RBres reservados en los que no hay colisión, y los recursos RBcomp potencialmente competidores en los que es posible que se produzcan colisiones,
- comprobar si el recurso RB actual está reservado o en competencia,
- si el recurso RBres actual está reservado,
- si el nodo es el origen de la transmisión del paquete o si el nodo ya ha descodificado el paquete correctamente, transmitir el paquete en el flujo asociado al recurso,
- de lo contrario, intentar decodificar el paquete en el flujo y, si la decodificación es correcta, almacenar el paquete decodificado en la memoria,
- si el recurso RBcomp actual está en competencia, aplicar un procedimiento de gestión de colisiones de flujo a los recursos en los que $n>1$.

La red de comunicación inalámbrica es, por ejemplo, una red ad hoc multisalto que utiliza una técnica de retransmisión cooperativa o de difusión cooperativa.

Se pueden utilizar como recursos RBi franjas horarias de acceso múltiple por división en el tiempo en uno o más canales de frecuencia.

Se pueden utilizar como recursos de franjas horarias con acceso múltiple por división en el tiempo sobre una o más subbandas de frecuencias, como los sistemas OFDMA o los sistemas OFDMA precodificados.

Se pueden utilizar como recursos RBi Las franjas horarias con acceso múltiple por división en el tiempo sobre uno o más códigos y/o sobre una o más capas y/o haces espaciales.

El conjunto de firmas disponibles puede estar preconfigurado en todos los nodos o puede ser determinado dinámicamente por los nodos o puede evolucionar en el tiempo o en frecuencia según una secuencia pseudoaleatoria conocida por todos los nodos.

La asignación de una firma a un flujo puede predeterminarse utilizando una secuencia pseudoaleatoria calculada a partir de parámetros comunes.

El procedimiento de gestión de colisiones es un procedimiento de evitación de colisiones que comprende al menos las siguientes etapas:

- comprobar en la memoria de un nodo paquetes de flujos competidores que ya hayan sido descodificados correctamente, y combinaciones de paquetes de flujos competidores que ya hayan sido descodificados correctamente por el nodo,
- intentar formar la combinación de paquetes que corresponde a los flujos en competencia en el recurso RBcomp actual a partir de paquetes o combinaciones de paquetes presentes en la memoria y correctamente descodificados por el nodo,
- si se forma la combinación, transmitir la combinación de paquetes correspondientes a los flujos en competencia en el recurso RBcomp actual,
- de lo contrario, escuchar para descodificar una combinación de paquetes correspondientes a los flujos en competencia en el recurso RBcomp actual, la combinación posiblemente transmitida por otros nodos de la red y, si la descodificación es correcta, almacenar esta combinación de paquetes descodificados en la memoria,

La combinación de paquetes de flujo puede ser realizada por la aplicación o "XOR" exclusivo bit a bit sobre los paquetes decodificados por el nodo.

La combinación de paquetes de flujo se realiza, por ejemplo, aplicando una técnica de codificación de red en la capa física que combina las señales de banda base correspondientes a los paquetes en cuestión

El procedimiento de gestión de colisiones utilizado puede ser un procedimiento de supresión de interferencias que comprenda al menos las siguientes etapas

- comprobar en la memoria de un nodo para ver qué paquetes de flujos competidores ya se han descodificado correctamente,
- aplicar una función para decidir si escuchar o transmitir flujos en función del número de paquetes de los flujos competidores que ya han sido descodificados y están presentes en la memoria, y de la política de transmisión,
- cuando el nodo está a la escucha, almacenar los paquetes enviados sobre el recurso competidor RBcomp por los otros nodos y descodificados por el nodo, y aplicar una técnica de recepción multiusuario por cancelación de interferencias en la capa física.
- cuando el nodo transmite, transmitir el paquete de flujo almacenado de acuerdo con la política de transmisión de flujo.

La elección en un nodo entre escuchar y transmitir se realiza, por ejemplo, en función de al menos uno de los siguientes elementos de información:

- la prioridad de los flujos de datos,
- del consumo de energía del nodo,
- el nivel de batería del nodo,
- una probabilidad de transmisión aplicada para reducir la probabilidad de colisión,

- la naturaleza y la función del nodo.

La elección del flujo a transmitir para un nodo puede hacerse en función de la información de calidad de servicio asociada al flujo, su tasa de actividad unida a la información de vecindad/densidad.

El paquete transmitido puede resultar de una combinación de paquetes decodificados presentes en la memoria.

Cada nodo transmisor transmite, por ejemplo, con una política de transmisión, control de potencia y adaptación de las características de la señal transmitida elegida en función de la calidad de la sincronización tiempo/frecuencia, del tipo de nodo y de su nivel de batería.

La invención también se refiere a un sistema para la transmisión de paquetes en una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo dicha red de comunicación varios nodos suscritos a uno o más flujos Fi y compartiendo uno o más recursos RBi para la transmisión de dichos flujos con posibilidades de colisión, uno o varios nodos que actúan como fuente de transmisión de paquetes de uno o varios flujos diferentes, teniendo cada flujo Fi una firma de asignación de recursos Si extraída de un conjunto G(Si) de firmas Si disponibles, teniendo cada recurso Ri una tasa de ocupación n correspondiente a un número de flujos asignados, caracterizado porque cada uno de los nodos N_1, ...N_6, comprende un emisor/receptor, conectado a un procesador configurado para ejecutar las etapas del procedimiento según la invención, una base de datos para almacenar firmas

Otras características y ventajas de la presente invención quedarán más claras al leer la descripción de las realizaciones ilustrativas y no limitativas anexas a las figuras, que muestran :

[Fig.1], ilustra la asignación de firmas en un bloque de recursos,

la [Fig.2], ilustra un ejemplo de modelo de red,

[Fig.3], un ejemplo de gestión de colisiones en una red de comunicación compuesta por varios nodos que se comunican por difusión,

[Fig.4], las etapas del procedimiento según una primera variante de realización,

[Fig.5], las etapas del procedimiento según una segunda variante de realización.

En la técnica anterior, es conocido asociar recursos ortogonales a cada flujo multidifusión. La firma de asignación de flujos es el vector que indica los recursos asignados a los flujos a partir de los disponibles en el sistema. Este vector puede adoptar la forma de un mapa de bits sobre una secuencia de longitud igual al número de RB disponibles (0 = RB no asignados, >0 = RB asignados), o un vector de tamaño variable que contenga los índices de las unidades de recursos de asignación de RB asignados, o cualquier otra forma de codificar esta información.

Con familias de firmas de asignación bien construidas, es posible controlar las colisiones y ajustar diferentes rendimientos. La figura 1, que muestra en correspondencia de un bloque de recursos RBi el identificador de las firmas Si a las que está asignado el RBi, ilustra un ejemplo en el que cada firma de asignación tiene una y sólo una colisión con cualquier otra firma, la $firma_{S1}$ está en colisión con la $firma_{S2}$ en el bloque de $recursos_{RB5}$. Esto permite reducir el número de RB necesarios para transmitir flujos o paquetes de datos en comparación con el caso de asignación ortogonal, es decir, firmas que no tienen bloques de recursos RB en común, limitando al mismo tiempo la degradación de la calidad de servicio causada.

En el procedimiento según la invención, se supone que los nodos de la red utilizan una técnica de retransmisión basada en la difusión cooperativa conocida en el estado de la técnica citado anteriormente. Es posible definir una política de transmisión aplicada a la retransmisión cooperativa adoptada por los nodos. La política se establece a nivel del grupo de abonados a un flujo, o incluso del nodo, en función de una o varias de las siguientes métricas o parámetros: parámetros de configuración de la red y/o del grupo y/o del nodo, mediciones de interferencia/topología/tasa de actividad en los nodos y/o en los grupos y/o en los flujos, mediciones de parámetros de los nodos (por ejemplo, consumo de energía), las funciones que los nodos pueden tener en una red (pasarela, líder de grupo) o en una estructura operativa (líder de grupo, concentrador, etc.), el tipo de equipo (vehicular, portátil, estación fija, etc.), el tipo de red (red, grupo, etc.), el tipo de red (red, grupo, etc.), el tipo de red (red, grupo, etc.).), el tipo de equipo (vehicular, portátil, estación fija, etc.). Los flujos multidifusión se asocian a descriptores de calidad de servicio que definen las restricciones de distribución y el rendimiento del flujo objetivo. Se supone que los flujos tienen fuertes restricciones de latencia y el sistema debe aplicar una gestión adecuada de los recursos. Los recursos para la difusión de cada mensaje en un flujo están reservados previamente, por ejemplo, o pueden determinarse utilizando un mecanismo conocido en la técnica anterior.

El procedimiento según la invención asigna diferentes patrones o firmas de asignación de recursos a los flujos. Las firmas pueden asignarse dinámicamente a los flujos de forma distribuida y autónoma, o de forma distribuida con consulta entre las distintas entidades de la red. Esto puede hacerlo un asignador centralizado o una configuración estática predeterminada por un programador de recursos. Cada modo tiene sus ventajas en términos de capacidad de respuesta, consumo de recursos y energía para la señalización y búsqueda de la firma. Por ejemplo, esta

asignación de firmas puede hacerse definiendo *la tasa de ocupación de recursos* (definida en cada RB como el número de flujos potencialmente en colisión, que es igual al número de firmas diferentes a las que está asignado el RB en cuestión). Para cada bloque de recursos RBi, superponiendo las firmas de asignación de todos los flujos, es posible definir una tasa de ocupación n correspondiente al número de flujos diferentes asignados.

La asignación de firmas a los flujos también puede tener en cuenta suposiciones sobre el tráfico, la carga, el número total de recursos disponibles, la prioridad entre flujos, suposiciones sobre la distribución espacial de los nodos a lo largo del tiempo de vida de los flujos, etc.

Si el mismo RB se asigna a varios flujos (firmas), es decir, el índice de ocupación n es superior a uno, existe riesgo de colisiones. El procedimiento decidirá o bien hacer frente a las colisiones (comportarse como si no existieran), o bien aplicar un procedimiento de evitación de colisiones que se detalla a continuación, o bien aplicar un procedimiento de supresión de interferencias que se detalla a continuación. La elección puede hacerse para cada flujo o para varios. La elección del tratamiento de colisiones puede ser estática en el momento de la configuración, o puede cambiar dinámicamente durante las comunicaciones. En este último caso, la decisión sobre cómo tratar las interferencias la toma una entidad de la red de forma centralizada y se distribuye a las demás, o se negocia dinámicamente entre los nodos o grupos de nodos abonados a un flujo. La elección del tratamiento de las colisiones puede depender de las capacidades de procesamiento de los nodos. Una política de combinación de flujos en recursos donde n es mayor que uno puede depender de la densidad de la red, de la prioridad de los flujos en competencia, etc.

La figura 2 ilustra un ejemplo de red de comunicación que comprende varios nodos que utilizan un protocolo de comunicación conocido por el experto en la materia. El protocolo de comunicación se basa en la difusión cooperativa. Un nodo que participa en la comunicación dispone de los módulos y elementos necesarios para su autonomía. Así, un nodo $N_1,..N_6$, comprende un emisor/receptor, 21, 22, vinculado a un procesador 23 configurado para ejecutar las etapas del procedimiento de transmisión según la invención, una base de datos o espacio de memoria 24 para almacenar, por ejemplo, las firmas dedicadas a cada uno de los nodos de la red o cualquier otra forma de almacenar las firmas (por ejemplo, es posible indicar los identificadores de las firmas que se generan cuando es necesario).

Describimos aquí una forma de evitar las colisiones que consiste en aplicar una gestión especial de los flujos. En el ejemplo de la Figura 3, el flujo F_1 y el flujo F_2 deben distribuirse a todos los nodos de la red. Conocen la firma asignada a cada flujo. En el ejemplo, pero sin ser restrictivo, las firmas son de longitud 3 y están colisionando en un recurso. El origen del flujo F_1 es el $nodo_{N1}$. El origen del flujo F_2 es el nodo N_2. El $flujo_{F1}$ y el flujo F_2 se transmiten inicialmente sin colisión, cada uno en un intervalo de tiempo distinto, 201, 202. Supongamos que en RB 201 los nodos N_2, N_3 y N_5 decodifican correctamente el paquete de flujo F_1 cuyos bits son $a_1, a_2, ..., a_K$. Supongamos que en el RB 202 los nodos N_5 y N_6 decodifican correctamente el paquete del flujo F_2 cuyos bits son $b_1, b_2, ..., b_K$. El $nodo_{N1}$ es incapaz de descodificar el paquete de $flujo_{F2}$, a pesar de estar dentro de su alcance, porque, por ejemplo, la señal se ha desvanecido considerablemente. En RB 203, hay una posible colisión. Esto lo identifican todos los nodos de la red, que conocen las firmas de los flujos F_1 y F_2. Para evitar una colisión, en el bloque de recursos RB 203 cada uno de los nodos aplica el siguiente procedimiento. Cada nodo comprueba si ha recibido y descodificado correctamente los paquetes P_1 y P_2 de los dos flujos F_1 y F_2 enviados en las sesiones de retransmisión actuales. Si es así, el nodo forma un tercer $paquete_{P3}$ realizando, por ejemplo, una operación XOR sobre los bits de los paquetes de información descodificados, $c_k = a_k \oplus b_k$, $k = 1, ..., K$. Este nuevo paquete, asociado a un $flujo_{F3}$ cuyos bits son $c_1, c_2, ..., c_K$, se envía al bloque de recursos RB 203. Sólo los nodos N_2 y N_5 pueden enviar el paquete de flujo F_3 a RB 203. Supongamos que los nodos N_1 y N_4 descodifican correctamente el paquete del flujo F_3. Inmediatamente, los nodos intentan combinar el paquete que acaban de descodificar con los paquetes de los otros flujos de su memoria, si no han descodificado ya los paquetes de ambos flujos. En concreto, el $nodo_{N1}$ ya tiene en su memoria el paquete de flujo F_1 . Por lo tanto, puede derivar el paquete para el flujo F_2 mediante la XOR de los bits de los paquetes para los flujos F_1 y F_3 : $b_k = a_k \oplus c_k$, $k = 1, ..., K$, recupera así paquetes de los dos flujos de interés. El nodo N_4, por su parte, no tiene ni el paquete F_1 ni el$_{F2}$en su memoria. Por lo tanto, de momento no puede derivar estos paquetes, pero mantiene en memoria el paquete del flujo F_3. En RB 204, sólo los nodos que han descodificado correctamente el paquete de flujo F_1, es decir, los nodos N_1, N_2, N_3 y N_5, pueden transmitirlo utilizando el protocolo de difusión cooperativa. Supongamos que los nodos restantes (N_4, N_6) descodifican el paquete correctamente. El $nodo_{N4}$ busca inmediatamente en su memoria, ve que el paquete del flujo F_3 está presente y, combinándolo con el paquete del flujo F_1, es capaz de calcular el paquete del flujo F_2 : $b_k = a_k \oplus c_k$, $k = 1, ..., K$. El nodo N_6 guarda el paquete del flujo F_1 en su memoria junto con el del flujo F_2, en caso de que se produzcan otras ranuras de colisión. En RB 205, sólo los nodos que han descodificado correctamente el paquete de flujo F_2, es decir, los nodos N_1, N_2, N_4, N_5 y N_6 , pueden transmitirlo utilizando el protocolo de difusión cooperativa. Por tanto, el nodo N_3 también podrá descodificar el paquete del flujo F_2. .

En general, según una primera realización, en caso de colisiones entre transmisiones de usuarios del mismo grupo multidifusión en recursos agrupados, las colisiones entre paquetes se evitarán realizando las etapas descritos a continuación. Se supone que el tamaño de los paquetes de los flujos F_i transmitidos por los usuarios es el mismo. Es el caso, por ejemplo, de los servicios de voz, alarma y señalización. En los bloques de recursos en colisión, sólo se permite transmitir a los nodos que ya han descodificado correctamente todos los paquetes Pi de los flujos Fi potencialmente en colisión en el RB o a los nodos que son capaces de formar el paquete combinado a partir de los paquetes o combinaciones de paquetes descodificados correctamente con anterioridad. El paquete transmitido será una combinación de paquetes ya descodificados, por ejemplo mediante el procedimiento de "codificación de red". En otras palabras, un nodo generará un nuevo paquete mediante una operación XOR "o exclusivo". Para transmitir a un

recurso RB con una tasa de ocupación de n, por ejemplo, el nodo debe haber descodificado correctamente los n flujos emitidos durante esta sesión de retransmisión que están asignados a este RB. La operación XOR puede sustituirse por cualquier operación lineal o no lineal que permita combinar flujos para generar un flujo transmisible en un bloque de recursos. Esta operación es idéntica en todos los nodos que pueden ejecutar la operación XOR. Operando de esta forma, todos los nodos envían un único paquete y una única señal idéntica sobre el recurso en competencia y no hay más colisiones.

En otra realización, el sistema procede como antes pero, en lugar de utilizar una técnica de "codificación de red", utiliza una técnica que implementa en la capa PHY una codificación conjunta de la información de los dos (o más) paquetes, conocida por la abreviatura "Physical Layer Network Coding).

Es posible añadir variantes a esta estrategia de evitación de colisiones. Si la probabilidad de colisión es baja, los recursos dedicados a transmitir paquetes con XOR no se utilizarán y probablemente se desperdiciarán. Este procedimiento de evitación de colisiones debe utilizarse, por ejemplo, en caso de tráfico y topología densos. En una variante, si el sistema se da cuenta dinámicamente de que determinados recursos entran a menudo en colisión, puede activar el modo "codificación de red", por ejemplo cuando la tasa de colisión supera un determinado umbral Vs, sólo en estos recursos.

La figura 4 ilustra un ejemplo de una secuencia de etapas según una primera realización.

En una red, un conjunto G(Si) de firmas Si se asocia biyectivamente a los flujos que se van a difundir. Este conjunto G(Si) de firmas Si es conocido por todos los nodos de la red y para cada sesión de retransmisión. G(Si) puede preconfigurarse o evolucionar dinámicamente, por ejemplo según una secuencia pseudoaleatoria conocida por todos los nodos. También puede ser determinado dinámicamente por los nodos.

El procedimiento comprende entonces las siguientes etapas:

301 - Dentro de un conjunto de firmas G(Si), se asigna una firma a cada flujo Fi. Esta asignación de una firma a un flujo se realiza bien de forma estática predeterminada, bien según una función pseudoaleatoria, bien en función de parámetros comunes, bien mediante un procedimiento de asignación centralizado o distribuido. El objetivo es garantizar que todos los usuarios que se suscriban a este flujo conozcan la firma asociada;

302 - La firma Si puede cambiarse dinámicamente en sucesivas sesiones de retransmisión según una secuencia pseudoaleatoria que se calculará, por ejemplo, a partir de parámetros comunes, como el número de ranura de trama o el número de sesión de retransmisión, etc. Las sesiones de retransmisión pueden estar dentro de una trama o abarcar varias tramas. Por ejemplo, en los sistemas TDMA síncronos organizados por tramas, todos los nodos pueden conocer el número de la trama actual. Este número puede utilizarse como entrada para seleccionar la firma actual durante la sesión de retransmisión que se inicia en este fotograma. Se supone que todos los nodos son capaces de calcular la misma secuencia;

303 - En cada sesión de retransmisión, para los flujos Fi a los que están suscritos los nodos, todos los nodos calculan, a partir de las firmas Si correspondientes, los bloques de recursos RB reservados, asociados a cada firma, en los que no hay colisión y los RB en competencia en los que hay una posible colisión, así como las firmas entre las que hay competencia;

304 - Cada nodo fuente transmite los paquetes Pi del flujo Fi del que es generador de información, sólo en los RBs reservados para su firma con una política de transmisión y control de potencia determinada;

305 - Los posibles nodos receptores/de retransmisión escuchan los recursos RB asociados a las firmas de los flujos a los que están suscritos, independientemente de que las firmas compitan o no. La fuente de un flujo asociado a una firma actúa como receptor/relé de los demás flujos a los que está suscrita la fuente,

Todos los nodos que escuchan en un RB intentan descodificar los paquetes recibidos de flujos potencialmente presentes, y :

307 - Si los nodos consiguen descodificar el paquete de un flujo de datos específico en un RB reservado, RBres,

307a - Cada nodo deduce el paquete del flujo, lo guarda en memoria y pasa al modo de transmisión (fuente o relé activo) en ranuras sucesivas reservadas a la firma de flujo correspondiente. El nodo envía el mensaje correspondiente utilizando la política de transmisión vigente,

307b - El nodo utiliza el paquete descodificado del flujo actual para comprobar si, combinándolo con los paquetes correctamente descodificados de otros flujos que el nodo pueda tener en memoria, puede deducir los paquetes de otros flujos (firmas) u otras combinaciones. Si consigue deducir paquetes de otros flujos, el nodo transmite en los RB reservados a estos flujos (flujos obtenidos por combinación de paquetes). Si consigue generar combinaciones de paquetes, transmite a los OR en colisión cuyas firmas de colisión representan la combinación de paquetes generada,

308 - Si los nodos consiguen descodificar un paquete de datos en un RB competidor :

Un nodo comprueba en su memoria los paquetes de flujos competidores que ya han sido descodificados correctamente 308a, combinaciones de paquetes de flujos competidores que ya han sido descodificados correctamente por el nodo,

308b - intentar formar la combinación de paquetes que corresponde a los flujos en competencia en el recurso RBcomp actual a partir de paquetes o combinaciones de paquetes presentes en memoria y decodificados correctamente por el nodo,

Si se forma la combinación, transmitir la combinación de paquetes correspondiente a los flujos en competencia en el recurso actual RBcomp, 308c,

308d - De lo contrario, el nodo escucha para decodificar una combinación de paquetes correspondientes a los flujos que compiten en el recurso RBcomp actual, la combinación posiblemente transmitida por otros nodos de la red y, si la decodificación es correcta, almacena esta combinación de paquetes decodificados en la memoria.

El número de transmisiones, la potencia de transmisión y, en general, las características de la señal transmitida (tasa binaria, robustez, etc.) pueden variar en función de diferentes estrategias que pueden determinarse en función de parámetros (calidad del enlace, estado del dispositivo, calidad de la sincronización tiempo/frecuencia, tipo de nodos, configuración de la red o del usuario, información operativa/jerárquica, prioridad, calidad de servicio del flujo, tasas de ocupación de recursos o nodos, etc.) conocidos o estimados por los nodos o distribuidos por un asignador.

La figura 5 ilustra un ejemplo de las etapas implementados por otra realización. Cuando los nodos transmiten diferentes paquetes en colisión sobre el mismo recurso, el procedimiento intentará resolver estas colisiones, procesando las interferencias generadas por la transmisión de diferentes señales (correspondientes a los paquetes). Esta situación puede darse en usuarios del mismo grupo o de grupos diferentes. El marco es siempre la transmisión en difusión cooperativa.

En presencia de varias señales diferentes (colisiones), el receptor de un nodo identifica la presencia de uno o varios paquetes pertenecientes a flujos transmitidos en difusión cooperativa sobre los recursos, 401.

- 402, O esta información está disponible para el nodo, por lo que conoce todas las firmas utilizadas en cada RB y dentro de su radio de recepción,

- 403, O esta información no está disponible en absoluto o sólo lo está parcialmente para el nodo, por ejemplo porque el sistema no dispone de medios para coordinar o distribuir perfectamente esta información entre los nodos que participan en las sesiones de retransmisión. En este caso, el nodo debe seguir intentando identificar (total o parcialmente) cuántos y qué flujos se están transmitiendo en el RB actual para poder intentar descodificarlos. Esto puede hacerse, por ejemplo, distinguiendo entre ellas mediante secuencias piloto o preámbulos o cualquier otro procedimiento a nivel de capa física, asistido o no por el conocimiento de los parámetros de la red (vecinos, número, tipo e identificador de las secuencias posibles, etc.) o por información procedente de capas superiores que ayude a restringir el número de opciones posibles.

El receptor del nodo separa y decodifica (o intenta hacerlo) uno o más paquetes en paralelo extrayéndolos de la señal recibida. Pueden adoptarse varias estrategias de detección/decodificación, ya sea de tipo cancelación de interferencias en serie - SIC (Serial Interference Cancellation), o de tipo cancelación de interferencias en paralelo - PIC (Parallel Interférence Cancellation) o híbridas como en “power-based NOMA” (NOMA basado en la potencia)), o tipo detección conjunta (SCMA, una técnica de tipo “code-based NOMA” NOMA basada en códigos)).

Como en la realización con evitación de interferencias, cuando un nodo receptor decodifica un paquete, se convierte en un relé para este paquete en las ranuras reservadas (RB) correspondientes (asociadas con la firma correspondiente) de acuerdo con la política de transmisión activa.

404 - En un RB en competencia cuya tasa de ocupación es mayor que uno, el nodo de retransmisión calcula qué flujos están compitiendo en el RB actual basándose en su conocimiento de las firmas a las que se ha asignado el RB. A continuación, decidirá si escucha o transmite, en función de los paquetes (asociados a flujos competidores en el RB) que ya haya conseguido descodificar en la sesión de retransmisión actual:

405 - Si el nodo aún no ha descodificado ningún paquete correspondiente a los flujos en competencia en el RB actual de la sesión actual, decide escuchar,

406 - Si el nodo ha descodificado correctamente todos o algunos de los paquetes de los flujos competidores en el RB actual de la sesión actual, el nodo aplica una función de decisión (transmitir o escuchar), 407 que puede depender de la política de transmisión de la estrategia de retransmisión.

Si el nodo decide escuchar, entonces aplica el procesamiento descrito anteriormente, potencialmente explotando la información proveniente de paquetes (de flujos competidores en el RB actual de la sesión de retransmisión) ya decodificados, almacenará los paquetes enviados sobre el recurso competidor por los otros nodos y que ha decodificado, 408,

Si un nodo decide transmitir en un RB competidor, debe elegir a qué flujo pertenece el paquete que va a enviar, entre aquellos que ha decodificado correctamente, y transmitir el paquete de acuerdo con la política de transmisión de flujo, 409.

La política de transmisión puede tener en cuenta :

La prioridad de las transmisiones (las que quedan por recibir frente a las ya recibidas, por ejemplo, si ya se ha descodificado una alarma prioritaria, se decide transmitirla o, por el contrario, si el recurso compartido está dedicado a la transmisión de alarmas o señales críticas, se decide permanecer a la escucha). Esto incluye la prioridad asignada a un servicio, o la prioridad de un grupo, en el caso de RB compartidos por diferentes grupos,

Probabilidad de transmisión aplicada para reducir la probabilidad de colisión,

Dependiendo del tipo y función del nodo, por ejemplo una fuente siempre transmitirá su paquete, incluso en un RB competidor, o una pasarela/líder de clúster siempre transmitirá,

El consumo de energía y el nivel de batería del nodo.

La función de decisión puede ser pseudoaleatoria. Esto puede hacerse, por ejemplo, seleccionando aleatoriamente qué flujo enviar según una determinada distribución, con el objetivo de garantizar un determinado nivel de calidad de servicio para la difusión de todo el flujo, cuando la difusión del flujo se reparte entre varias sesiones de retransmisión. La función de decisión puede tener en cuenta criterios deterministas, el valor de los parámetros/configuraciones del nodo o de la red, etc. La función de decisión para el flujo (y, por tanto, su paquete en la sesión de retransmisión actual) que se va a enviar utiliza una o varias de las siguientes informaciones:

Información de localización: el nodo puede decidir retransmitir el paquete de un determinado flujo en lugar de otro flujo en función de la zona de la red en la que se encuentre, con el fin de agrupar a los remitentes del paquete en cuestión y limitar así la zona de interferencia, reduciendo así la probabilidad de colisión.

Información de vecindad/densidad: en el caso de varios grupos, la información de vecindad unida a la pertenencia a un grupo puede ayudar a un nodo a decidir qué paquete enviar: por ejemplo, si el nodo se da cuenta de que la densidad de nodos de un determinado grupo es baja en esa zona, puede decidir dar prioridad a la transmisión del paquete en el flujo de ese grupo para garantizar una mejor tasa de distribución de paquetes,

Información de prioridad entre flujos,

La tasa de actividad de los grupos/corrientes/nodos: el nodo decide enviar un paquete de un determinado flujo en función de una probabilidad vinculada a la tasa de actividad del flujo (número de paquetes enviados en un tiempo determinado) o a la tasa de actividad de los grupos o nodos interesados en este flujo, si está disponible,

Información de calidad de servicio asociada a los flujos. Por ejemplo, un descriptor de calidad de servicio para un determinado flujo puede contener criterios de robustez, el número de saltos a cubrir, etc., posiblemente acoplados a las políticas de transmisión activas asociadas a cada grupo/usuario.

A continuación se dan algunos ejemplos numéricos para ilustrar la invención.

Imaginemos que hay un número total de RBs Ntot = 24. Supongamos que hay Ne = 4 flujos en paralelo y queremos que cada flujo utilice Nv = 6 RB. La forma clásica consiste en asignar firmas ortogonales a cada secuencia, por ejemplo, la primera secuencia tendrá una firma del tipo (los dígitos corresponden al identificador de la firma a la que se asigna el RB (0 indica que el RB no está asignado a la firma), el índice del RB es por tanto el índice de los dígitos de la secuencia):

1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0

La segunda una firma del tipo:

0 2 0 0 0 2 0 0 0 2 0 0 0 2 0 0 0 2 0 0 0 2 0 0 0 y así sucesivamente.

Al final, los recursos Ntot se asignarán a los flujos de la siguiente manera:

1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4

donde el número es el identificador del flujo y el vector representa los RB del conjunto de recursos.

En este caso, no hay colisiones, los recursos son ortogonales, la latencia es la misma (6 ciclos de 4 recursos) para hacer fluir los recursos para todos los flujos. La robustez es la misma (6 RB por flujo).

La solución consiste en permitir colisiones y controlar el subconjunto de RBs en los que las colisiones son posibles utilizando firmas predefinidas o firmas extraídas aleatoriamente de un conjunto de firmas predefinidas. Como se ha descrito anteriormente, existen RB reservados (sin colisiones) para determinados flujos y RB en competencia entre varios flujos (posibles colisiones).

La ventaja es que se puede reducir la latencia o aumentar el número de oportunidades de transmisión para un flujo dado, garantizando al mismo tiempo un nivel mínimo de rendimiento gracias a los RB reservados.

El compromiso entre latencia, robustez, rendimiento total/eficiencia espectral total (y eficiencia energética) se resuelve mediante la elección de las firmas.

En el resto de este ejemplo específico, por simplicidad, se asume que los nodos de la red utilizan receptores no avanzados y que en caso de colisión los paquetes se pierden. Además, también en aras de la simplicidad en este ejemplo concreto, se supone que cada flujo se dirige a un grupo de usuarios disjuntos, y que los nodos de un grupo no escuchan recursos que no estén asignados a la firma de su flujo.

Ejemplo 1

Ntot = 22 RB (reducción de los recursos utilizados), Ne = 4 flujos, Nv = 7 RB. Las firmas tienen colisiones parciales. Por ejemplo, para el primer flujo$_{F1}$ podemos tener:

1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0

Para el segundo flujo F_2 :

0 2 0 0 2 0 0 2 0 0 0 2 0 2 0 0 2 0 0 2 0 0

Y así sucesivamente.

Las asignaciones finales serán las siguientes (un número doble indica una posible colisión):

1 2 3 4 1 3 1 2 3 4 1 2 1 2 3 4 2 4 1 2 3 4

24 34 31

Este esquema presenta las siguientes características en comparación con el caso clásico sin colisiones:

Un flujo activo: latencia mejorada con respecto a los recursos de seis RB o la misma latencia pero más robusta (7 RB en lugar de 6)

Dos flujos activos: como las firmas garantizan que sólo haya una colisión entre dos flujos cualesquiera, tendremos seis RB sin colisiones, garantizando la misma robustez con una latencia que a veces es ligeramente mejor que la del sistema ortogonal.

Tres flujos activos: robustez reducida (5 RB / 6) pero aún más flujos activos

Cuatro flujos activos: aún menos robusto (4 RB / 6) pero aún más flujos activos

Este procedimiento permite multiplexar varios flujos en menos recursos.

Ejemplo 2

Ntot = 24 RB (reducción de los recursos utilizados), Ne = 4 flujos, Nv = 8 RB.

Otras firmas de asignación de recursos dan la siguiente distribución:

1 2 3 4 1 1 2 3 4 2 1 2 3 4 3 1 2 3 4 4 1 2 3 4

2 3 4 1

3 4 1 2

Un flujo activo: latencia mejorada, 16 RB o menos con 6 RB o la misma latencia que el caso ortogonal con mejor robustez (8 RB / 6).

Dos flujos activos: misma latencia y robustez (dos colisiones de 8 posibles entre cada par de flujos)

Tres flujos activos: robustez reducida (5 RB / 6) pero mejor que el primer ejemplo.

Cuatro flujos activos: robustez reducida (5 RB / 6), misma robustez que el primer ejemplo.

Ejemplo 3

Ntot = 24 RB (reducción de los recursos utilizados), Ne = 4 flujos, Nv = 10 RB.

1 2 3 4 1 1 2 3 4 2 1 2 3 4 3 1 2 3 4 4 1 2 3 4

2 3 4 12341

3 4 1 23412

Un flujo activo: latencia mejorada (10 RB) de 6 RB utilizadas, o robustez mejorada (10 RB / 6).

Dos flujos activos: misma latencia con mayor robustez (7 RB / 6)

Tres flujos activos: robustez reducida (4 RB / 6) como en el caso de 4 flujos del ejemplo 1.

Cuatro flujos activos: robustez reducida (4 RB / 6) como en el caso de 4 flujos del ejemplo 1.

Ejemplo 4

Ntot = 24 RB (reducción de los recursos utilizados), Ne = 4 flujos, Nv = 9 RB.

1 2 3 4 1 1 2 3 1 2 3 4 1 1 2 2 1 2 3 4 1 1 2 3

2344 3434 2334

Un flujo activo: latencia mejorada 16 RB con 6 RB recibidas, o robustez mejorada (9 RB / 6)

Dos flujos activos: misma latencia y mayor robustez (7 RB/8)

Tres flujos activos: robustez reducida (5 RB / 6)

Cuatro flujos activos: robustez reducida (3 RB / 6), aquí tenemos protección con más diferencia en función del número de usuarios activos.

El procedimiento según la invención permite un acceso competitivo a los recursos para la retransmisión en radiodifusión cooperativa, lo que reduce el despilfarro de recursos cuando no se están utilizando, ya que los flujos presentes pueden lograr un mejor rendimiento.

Controlando las firmas de asignación, es posible controlar las colisiones y utilizar la robustez de las transmisiones cooperativas para la propagación del flujo. De este modo, se consigue una ganancia en el rendimiento total (y/o latencia, y/o número de flujos paralelos). Además, las colisiones generadas pueden ser prohibitivas en determinadas configuraciones. Por ello, se gestionan mediante técnicas avanzadas de la capa PHY/MAC que evitan las colisiones o minimizan su impacto. Se obtienen más ganancias en términos de latencia y multiplexación de flujos en los mismos recursos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de transmisión de paquetes de flujos de datos en una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo dicha red de comunicación inalámbrica una pluralidad de nodos suscritos a uno o más flujos Fi y que comparten uno o más recursos RBi para la transmisión de dichos flujos con posibilidades de colisión, uno o más nodos que actúan como fuente de transmisión de paquetes de uno o más flujos diferentes, teniendo cada flujo Fi una firma de asignación de recursos Si extraída de un conjunto G(Si) de firmas Si disponibles, teniendo cada recurso Ri una tasa de ocupación n correspondiente a un número de flujos asignados, **caracterizado porque** comprende al menos las siguientes etapas:
   Al menos en un nodo:

   - Calcular, a partir de las firmas Si de los flujos Fi a los que se suscribe el nodo y para cada uno de estos flujos Fi, los recursos RBres reservados en los que no hay colisiones y los recursos RBcomp potencialmente competidores en los que las colisiones son posibles,
   - Comprobar si el recurso RB actual está reservado o si está en competencia,
   - Si el recurso RBres actual está reservado (307),
   - Si el nodo es la fuente de transmisión del paquete o si el nodo ya ha descodificado el paquete correctamente, transmitir el paquete del flujo asociado al recurso, (307a)
   - Si no es así, intentar descodificar el paquete de flujo y, si la descodificación es correcta, almacenar el paquete descodificado en la memoria,
   - Si el recurso RBcomp actual está en competencia, aplicar un procedimiento de gestión de colisiones de flujo a los recursos cuya tasa de ocupación n sea mayor que uno, (308).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la red de comunicación inalámbrica es una red ad hoc multisalto que utiliza una técnica de retransmisión cooperativa o de difusión cooperativa.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** se utilizan como recursos RBi franjas horarias con acceso múltiple por división en el tiempo en uno o más canales de frecuencia.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2 , **caracterizado porque** se utilizan como recursos franjas horarias con acceso múltiple por división en el tiempo en una o más subbandas de frecuencias, tales como sistemas OFDMA o sistemas OFDMA precodificados.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2 , **caracterizado porque** se utilizan como recursos RBi franjas horarias con acceso múltiple por división en el tiempo en uno o más códigos y/o sobre una o más capas y/o haces espaciales.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el conjunto de firmas disponibles está preconfigurado en todos los nodos.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el conjunto de firmas disponibles es determinado dinámicamente por los nodos

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el conjunto de firmas evoluciona en el tiempo o en frecuencia según una secuencia pseudoaleatoria conocida por todos los nodos.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la asignación de una firma a un flujo se predetermina utilizando una secuencia pseudoaleatoria calculada a partir de parámetros comunes.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el procedimiento de gestión de colisiones es un procedimiento de evitación de colisiones que comprende al menos las siguientes etapas:

    - Comprobar en la memoria de un nodo los paquetes de flujos competidores que ya hayan sido descodificados correctamente (308a), y combinaciones de paquetes de flujos competidores que ya hayan sido descodificados correctamente por el nodo,
    - Intentar formar la combinación de paquetes que corresponde a los flujos en competencia en el recurso RBcomp actual a partir de paquetes o combinaciones de paquetes presentes en la memoria y correctamente decodificados por el nodo, (308b),
    - Si se forma la combinación, transmitir la combinación de paquetes correspondientes a los flujos en competencia en el recurso RBcomp actual (308c),
    - De lo contrario, escuchar para decodificar una combinación de paquetes correspondientes a los flujos que compiten en el recurso RBcomp actual, la combinación posiblemente transmitida por otros nodos en la red y, si la decodificación es correcta, almacenar esta combinación de paquetes decodificados en la memoria (308d).

11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la combinación de los paquetes de los flujos se realiza mediante la aplicación o "XOR" exclusivo bit a bit sobre en los paquetes descodificados por el nodo.

12. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la combinación de los paquetes de los flujos se efectúa mediante la aplicación de una técnica de codificación de red en la capa física que combina las señales de banda base correspondientes a los paquetes en cuestión.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el procedimiento de gestión de colisiones es un procedimiento de supresión de interferencias que comprende al menos las siguientes etapas:

    - Comprobar en la memoria de un nodo qué paquetes de flujos competidores ya se han descodificado correctamente, (406),
    - Aplicar una función de decisión entre escuchar o transmitir flujos en función del número de paquetes de flujos competidores ya descodificados y presentes en memoria y de la política de transmisión, (407),
    - Cuando el nodo escucha, almacenar los paquetes enviados en el recurso competidor RBcomp por los otros nodos y decodificados por el nodo, (408), y aplicar una técnica de recepción multiusuario por cancelación de interferencias en la capa física.
    - Cuando el nodo transmite, transmitir el paquete de flujo almacenado de acuerdo con la política de transmisión de flujo (409).

14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** la elección en un nodo entre escuchar y transmitir se realiza en función de al menos uno de los siguientes elementos de información:

    - la prioridad de los flujos de datos,
    - del consumo de energía del nodo,
    - el nivel de batería del nodo,
    - una probabilidad de transmisión aplicada para reducir la probabilidad de colisión,
    - la naturaleza y la función del nodo.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 ó 14, **caracterizado porque** el procedimiento de separación y detección/decodificación de paquetes se realiza según un procedimiento de supresión de interferencias en serie.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 ó 14 **, caracterizado porque** la elección del flujo a transmitir para un nodo se realiza en función de la información de calidad de servicio asociada al flujo, su tasa de actividad acoplada a la información de vecindad/densidad.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15 **, caracterizado porque** el paquete transmitido resulta de una combinación de los paquetes descodificados presentes en la memoria.

18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 16 **, caracterizado porque** cada nodo transmisor transmite con una política de transmisión, control de potencia y adaptación de las características de la señal transmitida dada en función de la calidad de la sincronización tiempo/frecuencia, del tipo de nodo y del nivel de su batería.

19. Un sistema de transmisión de paquetes en una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo dicha red de comunicación una pluralidad de nodos suscritos a uno o varios flujos Fi y que comparten uno o varios recursos RBi para la transmisión de dichos flujos con posibilidades de colisión, uno o varios nodos que actúan como fuente de transmisión de paquetes de uno o varios flujos diferentes, teniendo cada flujo Fi una firma de asignación de recursos Si extraída de un conjunto G(Si) de firmas Si disponibles, teniendo cada recurso Ri un índice de ocupación n correspondiente a un número de flujos asignados, **caracterizado porque** cada uno de los nodos N_1, ...N_6, comprende un emisor/receptor, (21, 22), conectado a un procesador (23) configurado para ejecutar las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 18 y una base de datos (24) para almacenar las firmas.

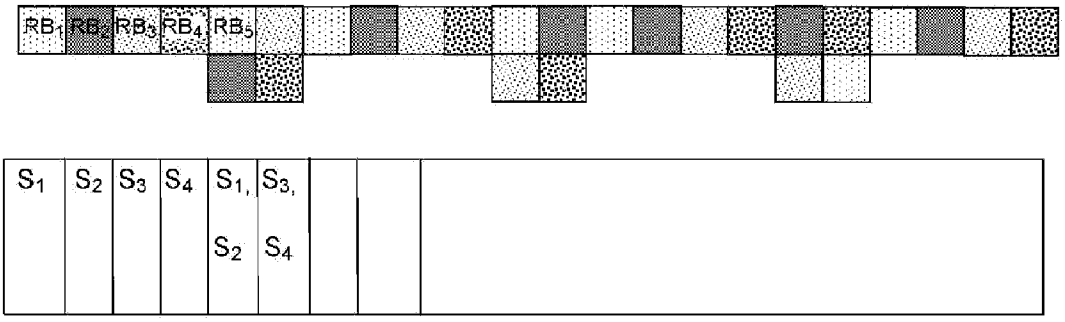

RB1
RB2
RB3
RB4
RB5
S1
S2
S3
S4
S1,
S2
S3,
S4

FIG.1

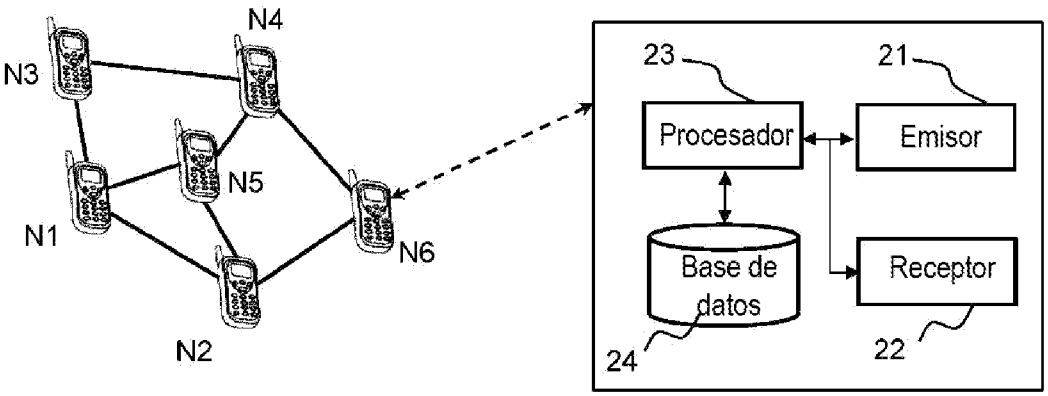

N1
N2
N3
N4
N5
N6
23
21
Procesador
Emisor
Base de datos
Receptor
24
22

FIG.2

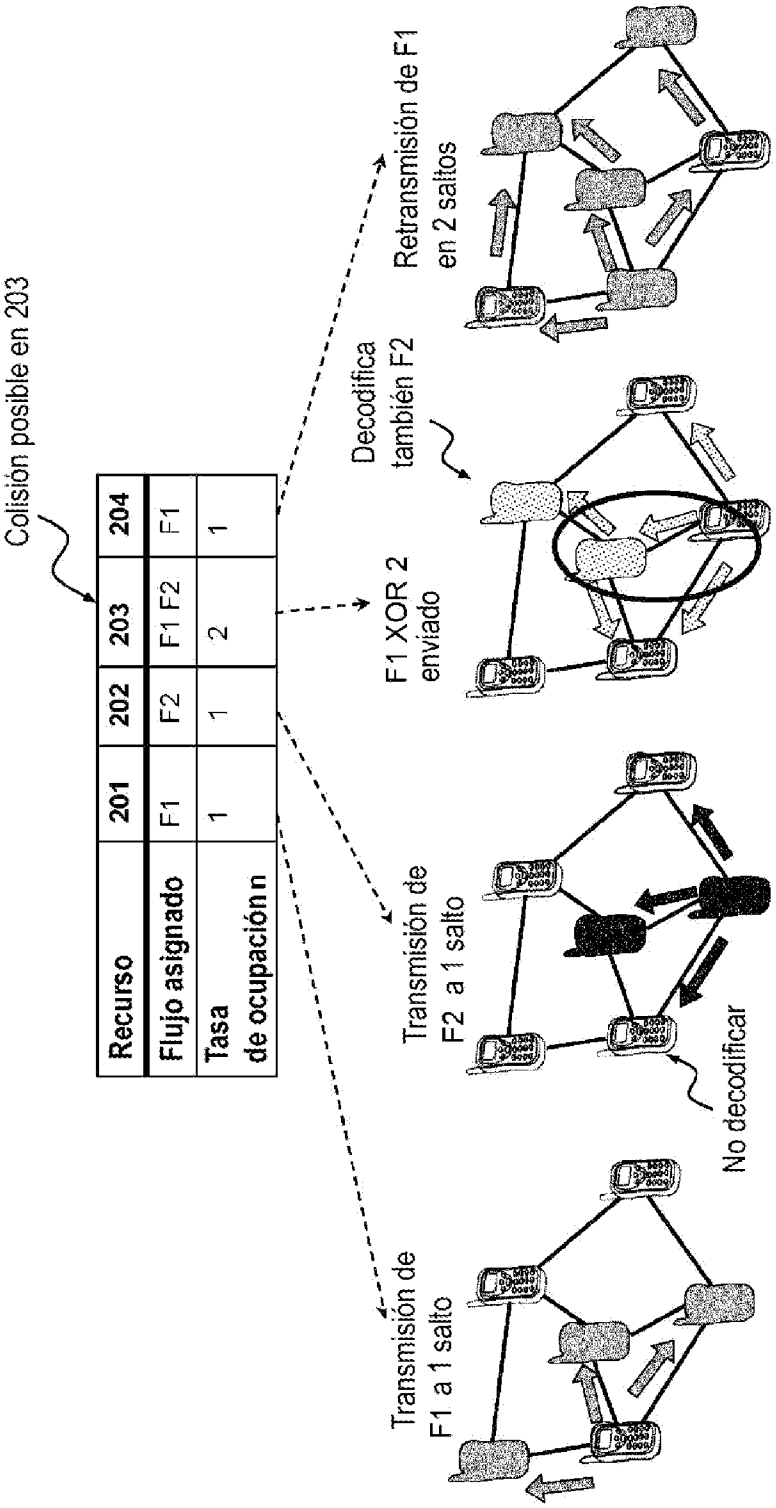

Colisión posible en 203
Recurso
201
202
203
204
Flujo asignado
F1
F2
F1 F2
F1
Tasa de ocupación n
1
1
2
1
F1 XOR 2 enviado
Decodifica también F2
Retransmisión de F1 en 2 saltos
Transmisión de F2 a 1 salto
No decodificar
Transmisión de F1 a 1 salto

FIG.3

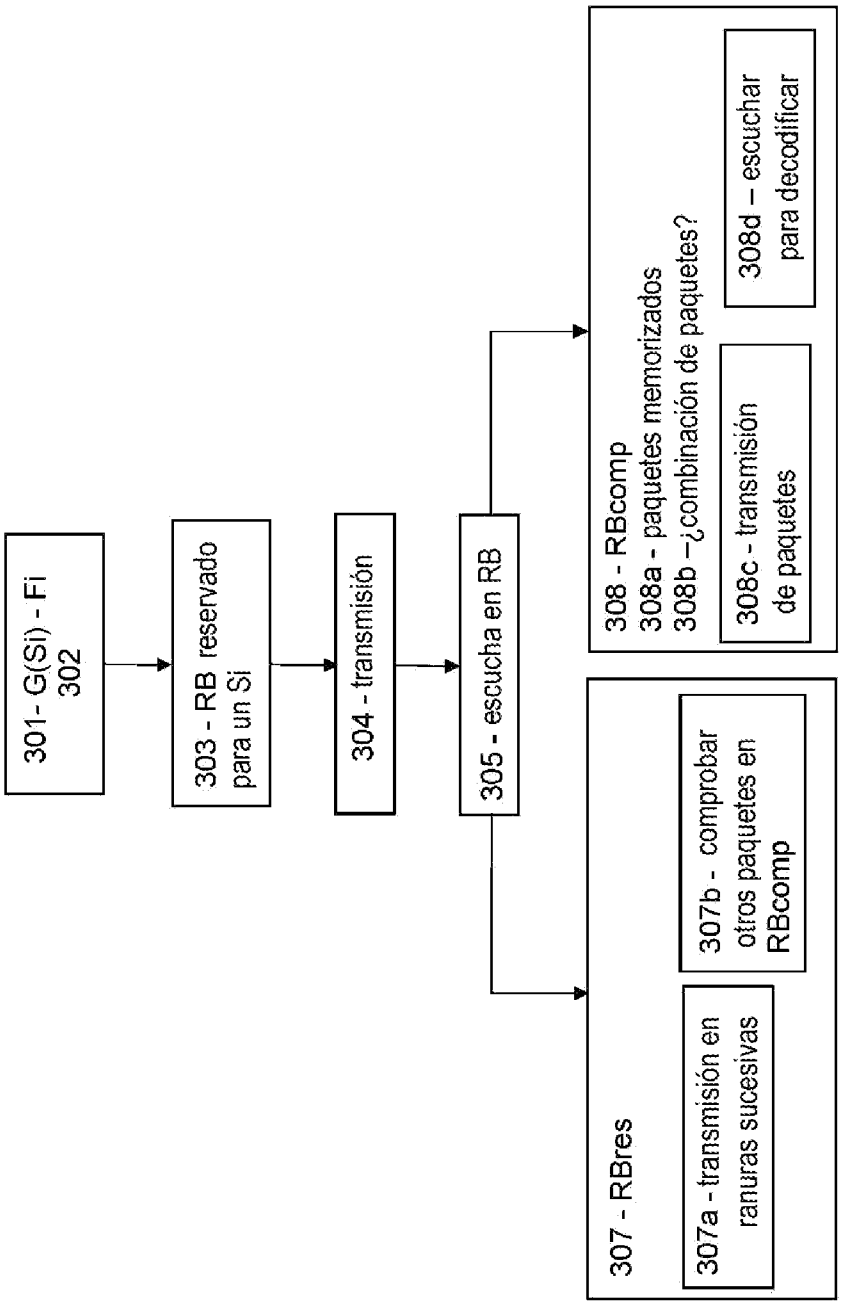

301- G(Si) - Fi
302
303 - RB reservado
para un Si
304 - transmisión
305 - escucha en RB
308 - RBcomp
308a - paquetes memorizados
308b –¿combinación de paquetes?
308c - transmisión
de paquetes
308d – escuchar
para decodificar
307 - RBres
307a - transmisión en
ranuras sucesivas
307b - comprobar
otros paquetes en
RBcomp

FIG.4

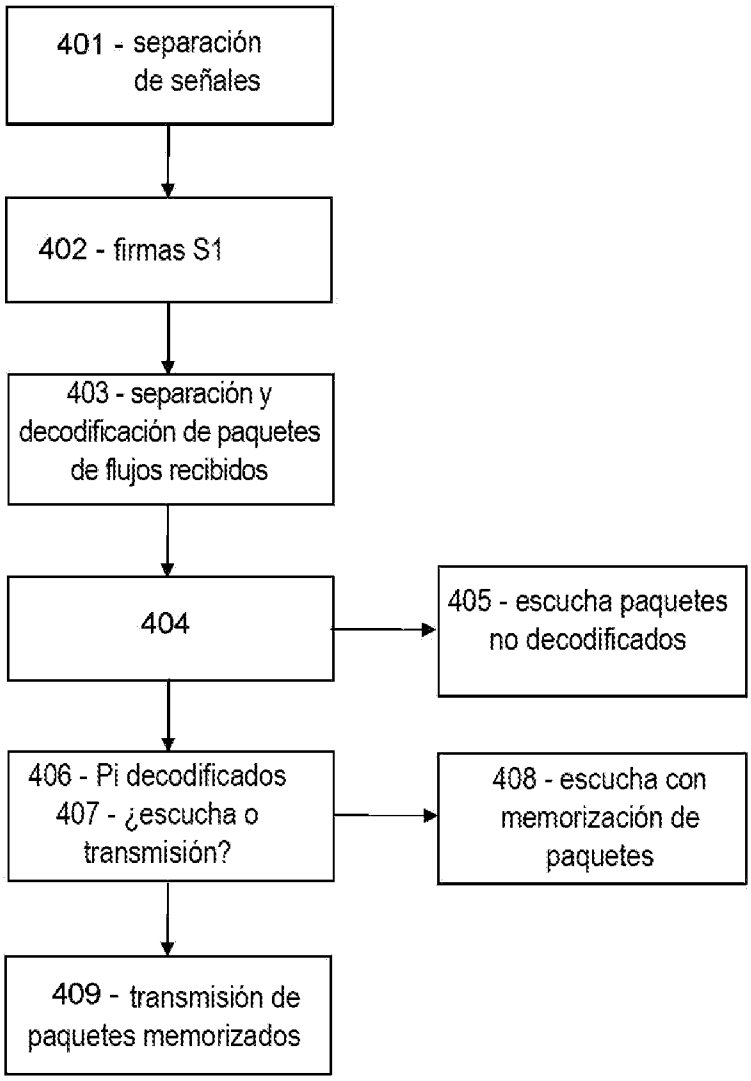

401 - separación de señales
402 - firmas S1
403 - separación y decodificación de paquetes de flujos recibidos
404
405 - escucha paquetes no decodificados
406 - Pi decodificados
407 - ¿escucha o transmisión?
408 - escucha con memorización de paquetes
409 - transmisión de paquetes memorizados

FIG.5