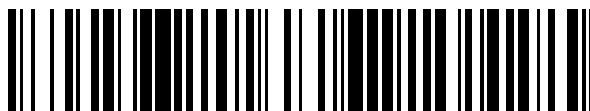


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 748**

51 Int. Cl.:

H04W 84/18 (2009.01)

H04W 72/08 (2009.01)

H04L 12/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2014** **E 14163701 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018** **EP 2790460**

54 Título: **Procedimiento distribuido para seleccionar una configuración en las redes móviles**

30 Prioridad:

08.04.2013 FR 1300804

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

23.04.2018

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR

72 Inventor/es:

ROSE, LUCA;
LE MARTRET, CHRISTOPHE y
DEBBAH, MÉROUANE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 664 748 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

Procedimiento distribuido para seleccionar una configuración en las redes móviles

5 El objeto de la invención se refiere a un procedimiento distribuido para seleccionar una o varias configuraciones en redes móviles compuestas de varios grupos de nodos o usuarios que se comunican entre ellos, poseyendo cada grupo un líder de grupo. Los nodos o usuarios se comunican dentro de un grupo o clúster entre ellos mediante conexiones de comunicación clásicas.

10 La invención se aplica en el contexto de las redes inalámbricas descentralizadas. También se puede implementar en cualquier sistema de comunicación que respete las reglas de comunicación sin ayuda de un controlador central de red. Por ejemplo, se pueden considerar aplicar el procedimiento a pequeñas celdas de red, redes móviles ad-hoc, redes en las que los dispositivos de comunicación requieren una configuración de alto rendimiento y poco consumidora de recursos.

El término "distribuido" se refiere al hecho de que las decisiones se toman dentro de un grupo o clúster, designando estos dos términos un mismo elemento.

15 El término configuración de los nodos dentro de un clúster designa el conjunto de parámetros de configuración que el equipo puede tener en cuenta, por ejemplo, unos canales de comunicación, la potencia seleccionada al nivel de un nodo para la transmisión, etc. Se utilizará la expresión "parámetro de recurso de radio" para un parámetro representativo del recurso de radio, tal como la frecuencia de transmisión, la potencia, el procedimiento de codificación, la modulación usada.

20 Las redes relacionadas con la presente invención son redes divididas en varios grupos o clústeres. Cada clúster comprende varios nodos y un nodo llamado líder de clúster que tiene el papel de asignador de recursos. La elección de este líder de clúster se realiza por técnicas conocidas por el experto en la materia. Este tipo de estructura permite establecer comunicaciones ad hoc entre pares en el interior y entre clústeres. Una vez seleccionados los líderes de clúster, los nodos de un clúster deben unirse al líder de grupo. Una vez realizada la organización de la red en clústeres, queda asignar recursos de radio para permitir las comunicaciones entre los nodos de un clúster asegurando las calidades de servicio requeridas o QoS para las comunicaciones. El líder de clúster determina, por ejemplo, el canal de transmisión y el nivel de potencia que se utilizarán por todos los nodos que pertenecen a un clúster o, de manera más general, una configuración satisfactoria para estos nodos.

30 Un líder de clúster que dispone de recursos para un clúster, debe asignar a los nodos miembros los recursos para una o varias frecuencias conocidas por el líder de clúster. Esta operación es compleja debido a la diversidad entre los tipos de calidad de servicio QoS requeridos, por ejemplo, el plazo, el flujo, la tasa de error, etc. y la asignación de recursos, a menudo, se plantea como un problema de optimización. Un primer enfoque consiste en incluir las características de QoS contempladas en la función objetiva que se va a optimizar. Una segunda manera de considerar el problema es administrar las necesidades de QoS como restricciones al problema de optimización. En este último caso, ciertos trabajos conocidos por el experto en la materia buscan alcanzar la solución óptima a costa de una gran complejidad computacional. Otros trabajos menos complejos no tienen como objetivo el óptimo, a la vez que ofrecen buenos rendimientos. Un ejemplo de este tipo de enfoque es descomponer la función de asignación de recursos en varias etapas: asignación de enlace, después, asignación de ancho de banda, después, posiblemente asignación de subportadoras y, finalmente, asignación de esquema de modulación y de codificación o MCS conjuntamente con la potencia.

40 La solicitud de patente US 2012/0071102 desvela un sistema de comunicación inalámbrico para implementar un enfoque distribuido, para compartir el espectro de las frecuencias. En este enfoque distribuido, los dispositivos individuales de comunicación inalámbricos individuales negociarían acuerdos para el uso del espectro disponible sin que implique una autoridad centralizada. Por ejemplo, los dispositivos inalámbricos se configurarían para aumentar los flujos de información de sus transmisiones respectivas bajo restricciones predeterminadas. Estas restricciones predeterminadas pueden incluir restricciones de potencia transmitida, restricciones de interferencias, por ejemplo.

El documento que tiene como autor Ho Ting Cheng y col y que se titula "Pareto Optimal Resource Management for Wireless Mesh Networks with QoS Assurance: Joint Node Clustering and Subcarrier Allocation" se refiere a un algoritmo para la asignación de subportadoras en redes Mesh.

50 La enseñanza técnica del documento WO 2009/018251 se refiere a un procedimiento que permite determinar clústeres en una red que comprende redes de retorno.

La solicitud de patente WO 2013/000068 describe un procedimiento que permite determinar redes de clústeres en una red inalámbrica de tipo red de retorno.

55 Los sistemas y procedimientos de la técnica anterior conocidos por el Solicitante no permiten, a priori, seleccionar una configuración de sistema óptima en presencia de restricciones de funcionamiento. No prevén definir y administrar de manera conjunta la frecuencia o el canal lógico y los otros parámetros de configuración.

La idea de la presente invención consiste, en particular, en recopilar, al nivel de cada nodo o enlace y/o de un conjunto de nodos y de enlaces de un clúster, el valor de un parámetro de recursos de radio al nivel de un nodo o de un enlace dentro de un clúster y, determinar, a partir de este valor, una configuración óptima para los nodos, en particular, en términos de calidad de servicio.

5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar la configuración de un conjunto de nodos N_i y/o enlaces reagrupados dentro de un clúster que posee un líder de clúster, CH_k , dentro del clúster que se asocia a un valor de restricción tal como la calidad de servicio QoS que se verificará y recursos de radio, caracterizándose el procedimiento porque consta de al menos las siguientes etapas:

- 10 • conociendo un conjunto de canales de funcionamiento, desencadenar una petición de información interrogando uno o varios nodos N_i y/o de enlaces y solicitar a dichos nodos y/o enlaces evaluar para cada canal de comunicación un índice $I[c]$ de calidad de comunicación para un nodo o un enlace entre dos nodos del clúster, después, seleccionar una configuración cuando el líder de clúster reciba los índices de calidad de comunicación,
- el líder de clúster verifica si los índices de calidad recibidos cumplen la restricción dada para el clúster y conserva los índices que satisfacen el mayor número de nodos N_i o de enlaces, minimizando el consumo de los recursos,
- 15 • si la configuración conservada satisface el conjunto de los nodos N_i o de los enlaces interrogados, entonces, el líder de clúster actualizará la lista f de los canales de comunicación e implementará esta configuración para los nodos o enlaces del clúster,
- si no, entonces, el líder de clúster o actualizará la lista de los canales de comunicación, o bien, permanecerá en la configuración inicial del conjunto de nodos y/o de enlaces.

20 La petición de información, por ejemplo, se desencadena al recibir una alarma al nivel del líder de clúster que traduce un número de nodos o enlaces del clúster no satisfechos por la configuración elegida.

Según una variante, un nodo o enlace contabiliza el número de veces donde el índice de calidad medido no permite verificar la restricción requerida y transmite un valor de alarma al líder de clúster si el valor de la restricción no se verifica un número n_a de veces dado.

25 Cuando el líder de clúster no encuentra una configuración adaptada, d), entonces, verifica si existe otra configuración entre varios subconjuntos de configuración predefinidos, probando los subconjuntos según un orden de prioridad dado.

La petición de información puede desencadenarse por un procedimiento de desencadenamiento sin alarma que lanza un valor aleatorio A uniformemente distribuido entre dos valores $[0, 1]$ y, si el valor A es inferior a un valor de probabilidad dado, entonces, se desencadena el procedimiento de petición de información.

30 Según otra variante de realización, la petición de información se desencadena utilizando un modo determinado en el que se define una ley de variación de probabilidad para el clúster k asociado al desencadenamiento de petición de información.

35 Se utiliza, por ejemplo, una ley de variación donde $\Pi_k(t)=1$ en momentos determinados y $\Pi_k(t)=0$, o de otra manera, con $\Pi_k(t)$ la probabilidad de desencadenar un procedimiento de petición de información para el clúster k

El líder de clúster solicita a los nodos o enlaces transmitir las relaciones de potencia de ganancia/ruido más interferencia Q_m^k para todos los canales m posibles de la lista preestablecida:

$$Q_m^k = (Q_m^k(1), Q_m^k(2), \dots, Q_m^k(F))$$

o cada elemento del vector se define como

40
$$Q_m^k(s) = \frac{G^s(m, m)}{\sigma^2 + MAI_{m,s}}$$

$G^s(m, m)$ representa la ganancia de potencia del canal del enlace m que pertenece al clúster k , para el canal s y, $MAI_{m,s}$ la interferencia de acceso múltiple, definida como:

$$MAI_{m,s} = \sum_{h \in K \setminus k} \mathbb{1}\{C_h = s\} \left(\sum_{l \in N_h} P_h G^s(l, m) \right)$$

donde $G^s(l, m)$ representa la ganancia de potencia del canal entre el transmisor del enlace l y el receptor del enlace y

$1\{\cdot\}$ corresponde a una función de indicador estándar,

el líder de clúster, a partir de los vectores recibidos Q_{1k}^k , organiza, por ejemplo, los vectores recibidos Q_{lk}^k en una matriz G , $G(l,f)$ indica el elemento en la l -ésima línea (enlace) y la f -ésima columna (canal) de la matriz, el elemento es igual al f -ésimo elemento del vector Q_{lk}^k :

$$G = \begin{bmatrix} Q_1^k(1) & Q_1^k(2) & \dots & Q_1^k(F) \\ Q_2^k(1) & \dots & & \\ \dots & & & \\ Q_{L_k}^k(1) & & \dots & Q_{L_k}^k(F) \end{bmatrix}$$

5

después, evalúa el número máximo de enlaces que permitirán satisfacer la calidad del servicio,

$$L_{MAX} = \max_f \sum_l 1\{P_{MAX}G(l,f) \geq \Gamma_l\}$$

después, la matriz G' se construye poniendo a cero todas las columnas de G donde $\sum_l 1\{P_{MAX}G(l,f) \geq \Gamma_l\} < L_{MAX}$, el líder de clúster selecciona un valor particular f^* en función de las necesidades de la red, así como la configuración C_l para cada enlace l a partir de la matriz $G(l,f^*)$.

10

Por ejemplo, el líder de clúster, usa un criterio mín-máx. Es decir, que selecciona el valor mínimo del enlace l^* y el canal f^* usando la expresión:

$$\begin{cases} l^* = \arg \min_l \left\{ \frac{G'(l,f)}{\Gamma_l} \text{ tal como } \frac{P_{MAX} G'(l,f)}{\Gamma_l} \geq 1 \right\}, \\ f^* = \arg \max_f \frac{G'(l^*,f)}{\Gamma_{l^*}} \end{cases}$$

después, el líder de clúster atribuye a cada enlace una potencia para la comunicación:

$$P_l = \left\lfloor \frac{\Gamma_l}{G'(l,f^*)} \right\rfloor,$$

15

donde el operador de cuantificación $\lceil \cdot \rceil$ da el menor valor de potencia cuantificado superior a $\Gamma_l / (G'(l,f^*))$.

Los enlaces l , tales como $P_{MAX}G'(l,f^*) < \Gamma_l$ se ponen a cero atribuyéndoles una potencia nula $P_l = 0$.

Otras características y ventajas del dispositivo según la invención aparecerán mejor tras la lectura de la descripción que sigue de un ejemplo de realización dado a título ilustrativo y en ningún caso limitante anexo de las figuras que representan:

20

- la figura 1, una representación de varios clústeres independientes entre sí, comprendiendo un clúster un conjunto de nodos y de un líder de clúster,
- la figura 2, una representación de los procedimientos y etapas implementadas por el procedimiento según la invención y
- la figura 3, un ejemplo dado cuando se considera como parámetro la relación de potencia.

25

En los ejemplos que se darán a título ilustrativo y en ningún caso limitante, se buscará, por ejemplo, optimizar la configuración de los nodos de un clúster para respetar una restricción, tal como una calidad de servicio, requerida por una aplicación, limitar la potencia usada en las comunicaciones internas a un clúster, respetando un nivel de señal a ruido más interferencia SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio). La idea será, en particular, determinar un parámetro de recurso de radio que conducirá a una configuración óptima de los nodos de un clúster. Por ejemplo, será posible asignar un valor de canal de comunicación y un nivel de potencia que se utilizará para la transmisión de la información entre nodos del clúster.

30

Los siguientes ejemplos se aplican para nodos de una red, enlaces o un conjunto de nodos y de enlaces.

El procedimiento según la invención se basa, en particular, en la implementación:

- 1) de un primer modo administrado por el líder de clúster que solicita a los nodos conectados dar los rendimientos que reciben para un cierto número de opciones de parámetros, a continuación, ajusta la configuración de la red en función de las respuestas que recibe;
- 2) de un segundo modo de alarma que proviene de los nodos del clúster que informan al líder de clúster de los rendimientos y de su degradación en relación con las restricciones de calidad del servicio QoS fijadas. A partir de un nivel de alarma dado, el líder de clúster pasará en el primer modo que redefinirá una configuración de nodos en el clúster.

El procedimiento según la invención presenta, en particular, la ventaja de adaptar la configuración de los nodos del clúster basándose en evaluaciones reales.

La figura 1 representa un conjunto de clústeres en una red de comunicación inalámbrica descentralizada. Cada clúster $10i$ comprende varios nodos N_j y un líder de clúster CHK . La elección del líder de clúster se realiza mediante un procedimiento conocido por el experto en la materia que no se detallará aquí. Es el líder de clúster quien decidirá sobre la configuración óptima para realizar la comunicación óptima entre los nodos de su clúster. Los nodos se comunican entre sí compartiendo el espectro total, pudiendo crear interferencias. En el caso donde hay varios clústeres, las interferencias pueden propagarse al nivel de los otros clústeres. Un líder de clúster comprende, por ejemplo, un procesador 11, una tabla 12 en la que se puede memorizar una configuración de nodos para una comunicación entre los nodos, por ejemplo, conoce los enlaces $L_{i,j}$ que conectan el nodo N_i al nodo N_j y, memoriza esta configuración en un conjunto $\{(N_i, N_j, L_{i,j})\}$.

Un nodo N_j comprende, por ejemplo, un transmisor 20 y/o un receptor 21, un procesador 22 adaptado para ejecutar las órdenes transmitidas por el líder de clúster. El procesador 22 también se programa para determinar el número de veces donde, en una configuración dada, no puede respetar la restricción dada y en este caso, transmitir una alarma hacia el líder de clúster.

Los clústeres, en teoría, no se comunican entre ellos y no intercambian sus parámetros de funcionamiento.

Para cada enlace en un clúster k dado, se asocia un parámetro Γ_l que define la calidad de servicio mínimo QoS que se respetará para la comunicación entre los nodos. Por ejemplo, Γ_l puede ser un nivel mínimo de SINR, una probabilidad de recibir correctamente paquetes (medida por el control de un CRC), un flujo mínimo, etc. En el ejemplo que sigue, se considera para Γ_l como el nivel mínimo para el promedio de SINR.

El espectro global usado para la comunicación entre los nodos dentro de un clúster se divide en F canales ortogonales. Por ejemplo, se dispone de un conjunto $C = \{1, 2, \dots, F\}$ canales. El tiempo se considera "discreto" y se indexa por la letra t . En cada momento, un líder de clúster CHK seleccionará un canal de comunicación que se utilizará por los transmisores de los nodos de su clúster. El canal seleccionado por el líder de clúster CHK se indica por F_k que pertenece a F .

El procedimiento según la invención utilizará diferentes procedimientos detallados a continuación para determinar una configuración óptima de nodos dentro del clúster.

Los parámetros siguientes se utilizarán en la siguiente descripción:

1. $\pi_k(t)$ es la probabilidad de desencadenar un procedimiento de petición de información por el líder de clúster para seleccionar una nueva configuración para los nodos,
2. π_{\min} es el valor mínimo de $\pi_k(t)$,
3. Γ_{alarm} es la cantidad máxima de alarmas toleradas por el líder de clúster, antes de que desencadene un nuevo procedimiento de configuración de red,
4. $n_{\text{alarm}k}(t)$ es la cantidad de alarmas recibidas por el líder de clúster en el momento t ,
5. P_{MAX} es la potencia máxima transmitida por los nodos,
6. Γ_l es un umbral de rendimiento para el enlace l ,
7. n_a corresponde a los momentos temporales sucesivos para los que un nodo puede evitar satisfacer sus restricciones antes de transmitir una alarma.

La figura 2 representa el conjunto de procedimientos implementados en el procedimiento según la invención.

Inicialmente, el clúster tiene una configuración inicial de nodos que se comunican entre ellos y de parámetros de recursos de radio. En el momento t dado, el líder de clúster dispone, por lo tanto, de una lista de canales de transmisión y de un conjunto de nodos que se comunican entre sí satisfaciendo una calidad de servicio dada QoS.

El procedimiento de "desencadenamiento de alarma" 200, se ejecuta por el procesador del líder de clúster en la recepción de una o de varias señales de alarma que provienen de uno o varios nodos. Estas señales de alarma representan un parámetro n_a correspondiente, por ejemplo, el número de veces donde un enlace o un nodo no ha podido respetar la calidad de servicio requerida por la red. El líder de clúster se configura con el valor umbral de alarma Γ_{alarm} . El procesador del líder de clúster recibe 201 las alarmas procedentes de uno o varios nodos del

clúster. En el caso donde la suma de las alarmas excede el valor umbral, entonces, el líder de clúster deberá buscar una nueva configuración para satisfacer la calidad de servicio QoS. Para ello, desencadenará un procedimiento "petición de información" 202 que tiene, en particular, como objetivo remontar los valores de los parámetros de recursos de radio determinados al nivel de los nodos o de los enlaces interrogados.

- 5 Si la suma de las alarmas es inferior al valor umbral de alarma, entonces el líder de clúster, 230, actualizará el valor de probabilidad de desencadenamiento de procedimiento de petición de información y pasará al procedimiento de desencadenamiento 231 aleatorio.

El nivel de umbral de alarma Γ_{alarm} , mide la cantidad máxima que el líder de clúster puede tolerar antes de seleccionar una nueva configuración.

- 10 Por ejemplo, es posible seleccionar como valor $\Gamma_{alarm} = 0,8 N_k$.

El procedimiento "**desencadenamiento sin alarma**", 231, y se ejecuta por el procesador del líder de clúster.

Este procedimiento puede realizarse por un procedimiento de desencadenamiento aleatorio, por ejemplo. En un líder de clúster, se hace corresponder un valor $\Pi(t)$ que representa la probabilidad de desencadenar un procedimiento de "petición de información". Este valor puede tener una codificación dura, definida por el diseñador de la red o, codificarse en hardware, dependiendo de cuán óptima es la configuración. Este valor debe ser un número inferior a 0,1. De este modo, es posible definir una probabilidad como una función dependiente del tiempo para mejorar la estabilidad y la reactividad del sistema:

- 15

$$\pi_k(t) := \begin{cases} \max\left(\frac{\pi_k(t-1)}{2}, \pi_{min_}\right) & \text{if } n_{alarm_k}(t) = 0 \\ \min(2 \pi_k(t-1), 1) & \text{if } n_{alarm_k}(t) > 0 \end{cases}$$

- 20 $\Pi_k(t)$ corresponde con la probabilidad asociada al clúster k donde π_{min} es el valor mínimo para la búsqueda de nuevas configuraciones.

La probabilidad de cambio de configuración mide a qué frecuencia un líder de clúster intenta mejorar los rendimientos de la red seleccionando una nueva configuración. Por ejemplo, es posible fijar $\pi(t) = 0,01$.

- 25 Se selecciona el modo aleatorio, por ejemplo, disparando una variable aleatoria A repartida de manera uniforme entre 0 y 1 y se compara este valor con $\Pi_k(t)$, Si el valor A es superior a $\Pi_k(t)$, entonces no se desencadena el procedimiento de petición de información. En el caso contrario, el procedimiento de "petición de información" se desencadena.

Según otro modo de realización, se va a utilizar un modo determinista. Para ello, se va, por ejemplo, a definir una ley de variación de $\Pi_k(t)$ para el clúster k. De este modo, es posible, definir $\Pi_k(t)=1$ en momentos determinados y $\Pi_k(t)=0$ si no.

- 30 El procedimiento de "**petición de información**", 202, inicia en una decisión del líder de clúster que recibe alarmas o realiza el seguimiento del resultado del procedimiento de desencadenamiento sin alarma.

- 35 En función de un objetivo de calidad de servicio predefinido, el líder de clúster solicita, 203, a los nodos N_i que forman parte de la configuración, transmitir un índice de calidad de conexión necesaria para definir una configuración óptima, por ejemplo, un vector $I\{c\}$ que contiene un índice de preferencia para una configuración de red. Un nodo escaneará el intervalo predefinido de canales y adquirirá o medirá el índice de calidad de conexión, cuanto mayor es este valor, mejor es la configuración de transmisión para este enlace particular.

Por ejemplo, como índices de calidad, es posible tomar la medida del nivel de interferencias en cada canal o, la ganancia de potencia media del canal.

- 40 El procedimiento "**selección de configuración**" 204 se desencadena una vez que el líder de clúster ha recibido todos los vectores $I\{f\}$ que contienen los índices medidos para los diferentes canales y los diferentes enlaces o nodos. El líder de clúster selecciona entonces una configuración óptima para los nodos del clúster basados en estos vectores. Entonces, 205, verificará si la configuración es satisfactoria para los diferentes nodos interrogados o una mayoría de estos nodos, es decir, para la que los nodos verificarán una calidad de servicio o una restricción dada.

- 45 Si sí, 205, el líder de clúster desencadena la configuración conservada para los nodos y actualiza, 206, el conjunto de los canales de comunicación f^* . Los nodos se comunicarán con esta configuración f^* de canales, 207.

Si el líder de clúster no encuentra una configuración satisfactoria, entonces verificará 210, si existe otra configuración entre los subconjuntos de configuración predefinidos. Se enumeran estos subconjuntos y se prueba los subconjuntos según, por ejemplo, un orden creciente o un orden de prioridad dado. Si esta configuración existe, actualizará 211 el

conjunto de los canales f , usando los parámetros de esta configuración. Si el procedimiento no encuentra una configuración para el conjunto de nodos, entonces utilizará la configuración que satisface el mayor número de nodos para actualizar el conjunto de canales.

- 5 Por ejemplo, se puede imaginar dividir el espectro en dos o varios conjuntos caracterizados por niveles de prioridad diferentes, banda de comunicación civil, banda de comunicación militar. En ese caso, el líder de clúster solicita a los nodos escanear las bandas de baja prioridad. Si no se encuentra ningún canal óptimo, el líder de clúster solicitará escanear otras bandas hasta encontrar una banda disponible.

- 10 El líder de clúster organiza los vectores preferentes recibidos en una matriz G . En este ejemplo, la matriz G es tal como $G(l, f)$ corresponde a la ganancia de potencia media del canal de un enlace l de comunicación, en el canal f . Una línea de la matriz corresponde a los diferentes enlaces interrogados por el líder de clúster, una columna corresponde a los diferentes canales para los que se han interrogados los nodos.

El líder de clúster evalúa, 301, el número máximo de enlaces que satisfacen la calidad de servicio requerido:

$$L_{MAX} = \max_f \sum_l 1_{\{G(l,f) \geq \Gamma_l\}},$$

- 15 donde $1_{\{\cdot\}}$ representa la función indicadora y $f_{(\cdot)}$ es una función determinada que depende de la naturaleza de la matriz G . En este ejemplo, el valor L_{MAX} puede ser:

$$L_{MAX} = \max_f \sum_l 1_{\{G(l,f) \geq \frac{\Gamma_l}{P_{MAX}}\}},$$

donde P_{MAX} representa la potencia máxima transmitida que un nodo puede usar.

El líder de clúster reduce la matriz G a una matriz G' , utilizando un procedimiento 300 de eliminación de columna que anula de la matriz G todas las columnas (es decir, los canales) que no satisfacen L_{MAX} enlaces.

- 20 En este ejemplo, el canal seleccionado se da, 302, usando la expresión máx-mín siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} l^* = \arg \min_l \left\{ \frac{G'(l, f)}{\Gamma_l} \text{ tal como } \frac{P_{MAX} G'(l, f)}{\Gamma_l} \geq 1 \right\}, \\ f^* = \arg \max_f \frac{G'(l^*, f)}{\Gamma_{l^*}} \end{array} \right\},$$

es decir, el canal seleccionado es el que maximiza el enlace que da el peor rendimiento.

El canal f^* se utilizará para la comunicación por todos los enlaces que pertenecen al clúster. La potencia que se atribuirá por cada enlace se selecciona, 303, en función de la naturaleza del vector $\{\Gamma_l\}$.

- 25 En este ejemplo, se puede usar la siguiente fórmula:

$$P_l = \left\lceil \frac{\Gamma_l}{G'(l, f^*)} \right\rceil,$$

donde el operador $\lceil z \rceil$ de cuantificación da el menor valor de potencia cuantificada superior a z .

En cada enlace que no satisface este criterio se asigna una potencia igual a cero.

- 30 Todo lo que se describirá para el procedimiento de selección de configuración en el contexto de enlaces que se aplican para nodos de un clúster.

Un procedimiento de "**control de satisfacción**" 220 se utiliza por los enlaces para solicitar reevaluar una configuración de red. Este procedimiento se utiliza por los enlaces que se marginan por el procedimiento. Si por cualquier razón, para un número n_a de momentos consecutivos, el nodo no satisface el criterio $SINR < \Gamma_l$, entonces transmitirá una alarma, 201, hacia el procedimiento de desencadenamiento de alarma. Es posible fijar $n_a = 2$.

- 35 La siguiente descripción se da tomando como parámetro de medición la relación de ganancia de potencia/canal Q_{TM}^{E} para determinar la configuración óptima de los nodos de la red. Se predefine una lista de canales en relación con una configuración inicial de una red y conocida por el líder de clúster.

El líder del clúster k desencadena el procedimiento de petición de información y solicita a un nodo receptor de un enlace transmitirle un vector que contiene todas las relaciones de potencia de ganancia/ruido más interferencia Q_m^k para todos los canales m posibles de la lista preestablecida:

$$Q_m^k = (Q_m^k(1), Q_m^k(2), \dots, Q_m^k(C)),$$

5 donde cada elemento del vector se define como:

$$Q_m^k(s) = \frac{G^s(m, m)}{\sigma^2 + MAI_{m,s}}$$

$G^s(m, m)$ representa la ganancia de potencia del canal del enlace m que pertenece al clúster k , para el canal s y, $MAI_{m,s}$ es la interferencia de acceso múltiple, definida como:

$$MAI_{m,s} = \sum_{h \in K \setminus k} 1_{\{C_h = s\}} \left(\sum_{l \in N_h} P_h G^s(l, m) \right)$$

10 donde $G^s(l, m)$ representa la ganancia de potencia del canal entre el transmisor del enlace l y el receptor del enlace m . Cada enlace o nodo de la red consta de un módulo adaptado para estimar el valor $Q_m^k(s)$. Un nodo receptor se adapta para controlar la calidad de la comunicación en cada tramo transmitido, midiendo el promedio SINR de un paquete. Este valor SINR se compara entonces con un valor umbral de calidad de servicio que respetará QoS.

15 Por lo tanto, el líder de clúster dispone finalmente del procedimiento de petición de información de un conjunto de valores Q_m^k .

El nivel de umbral de calidad de servicio mide el rendimiento mínimo que el nodo o enlace debe respetar. Por ejemplo, en el caso de un rendimiento mínimo en relación con un valor SINR: $SINR_m > \Gamma_m$, con $SINR_m$, es decir, la relación señal a ruido promedio alcanzada desde el enlace m , definida como:

$$SINR_m = \frac{P_m G^s(m, m)}{\sigma^2 + MAI_{m,s}},$$

20

donde P_m representa la potencia usada por el enlace m para la transmisión.

Uno de los objetivos del procedimiento según la invención es obtener un valor SINR mayor o igual al valor umbral Γ_ℓ usando un valor mínimo de potencia.

25 Para ello, el líder de clúster organiza los vectores recibidos Q_m^k en una matriz G . $G(\ell, f)$ indica el elemento en la ℓ -ésima línea (enlace) y la f -ésima columna (canal) de la matriz, el elemento es igual al f -ésimo elemento del vector Q_m^k .

$$G = \begin{bmatrix} Q_1^k(1) & Q_1^k(2) & \dots & Q_1^k(F) \\ Q_2^k(1) & \dots & & \\ \dots & & & \\ Q_{L_k}^k(1) & & & Q_{L_k}^k(F) \end{bmatrix}$$

El líder de clúster evalúa entonces el número máximo de enlaces que permitirán satisfacer las restricciones, por ejemplo.

$$L_{MAX} = \max_f \sum_{\ell} 1_{\{P_{MAX}(G(\ell, f)) \geq \Gamma_\ell\}}$$

30

El valor de potencia P_{MAX} es un valor conocido para la red.

La función $1\{..\}$ es la función indicadora que vale 1 cuando la condición es verdadera y 0 si la condición es falsa.

- 5 El líder de clúster entonces efectuará una reducción del tamaño de la matriz G en una matriz G' , aplicando un procedimiento de eliminación de columnas que pone a cero todas las columnas de la matriz G , es decir, los canales, que no satisfacen el criterio L_{MAX} . Es decir, que no se encuentra máximo para estos canales. Para los canales seleccionados que verifican las restricciones, se va a seleccionar el canal óptimo. Para esto, se utiliza, por ejemplo, la expresión máx-mín siguiente

$$\left\{ \begin{array}{l} \ell^* = \arg \min_{\ell} \left\{ \frac{G'(\ell, f)}{\Gamma_{\ell}} \text{ tal como } \frac{P_{MAX} G'(\ell, f)}{\Gamma_{\ell}} \geq 1 \right\} \\ f^* = \arg \max_f \frac{G'(\ell^*, f)}{\Gamma_{f^*}} \end{array} \right.$$

Se selecciona el valor mínimo del enlace ℓ^* , después se selecciona el canal f^*

- 10 El canal que se seleccionará es el que maximiza el rendimiento del peor enlace. Es posible satisfacer las restricciones QoS para un número máximo de enlaces.

El canal f^* se utiliza entonces por todos los enlaces que pertenecen al clúster k para comunicarse entre sí.

El líder de clúster atribuirá entonces a cada enlace una potencia para la comunicación, por ejemplo, la potencia para un enlace ℓ se seleccionará:

$$P_{\ell} = \left\lceil \frac{\Gamma_{\ell}}{G'(\ell, f^*)} \right\rceil$$

- 15 donde el operador de cuantificación $\lceil z \rceil$ da el menor valor de potencia cuantificada superior a z . Los enlaces que no pueden satisfacer esta restricción, es decir, todos los enlaces ℓ tales como $P_{MAX} G'(\ell, f^*) < \Gamma_{\ell}$, se ponen a cero mediante la atribución de una potencia nula $P_{\ell} = 0$.

- 20 Las explicaciones dadas anteriormente se aplican cuando se busca obtener una configuración óptima para una red que comprende uno o varios clústeres independientes entre sí, comprendiendo cada clúster un líder de clúster cuya función es administrar la configuración de los nodos y la asignación de los recursos. Una configuración puede ser la elección de los canales lógicos, de las frecuencias, la potencia usada para las comunicaciones, el esquema de codificación para las transmisiones dadas. Las restricciones que se respetarán podrán ser, por ejemplo, un valor de SINR, una probabilidad de recepción de paquetes erróneos, la optimización de un flujo de transmisión.

- 25 La invención se aplica, en particular, en las redes tácticas que comprenden varios clústeres. En el ámbito de situaciones tácticas, es interesante poder administrar los recursos de las redes de radio de manera distribuida o localmente centralizada para minimizar la señalización, la vulnerabilidad, permitir un tiempo de reacción más rápido.

- 30 El procedimiento según la invención permite determinar conjuntamente una configuración de nodos de una red y una frecuencia, o canal lógico. La configuración puede adaptarse gracias a medidas reales para una configuración dada de una red.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la configuración de un conjunto de nodos N_i y/o enlaces reagrupados dentro de un clúster (10i) que posee un líder de clúster, CH_k , asociándose al clúster un valor de restricción que se verificará y recursos de radio, el procedimiento se **caracteriza porque** consta de al menos las siguientes etapas:

- 5 a) conociendo un conjunto de canales de funcionamiento, desencadenar una petición (202) de información interrogando uno o varios nodos N_i o enlaces y solicitar a dichos nodos o a dichos enlaces evaluar para cada canal de comunicación un índice $I_i[c]$ de calidad de comunicación para un nodo o un enlace entre dos nodos del clúster (203), después, seleccionar una configuración (204) cuando el líder de clúster ha recibido los índices de calidad de comunicación de los nodos o enlaces interrogados,
- 10 b) el líder de clúster verifica si los índices de calidad recibidos cumplen una restricción dada para el clúster y, conserva los índices que satisfacen el mayor número de nodos N_i o enlaces y desencadena un procedimiento de selección de configuración (204),
- 15 c) si la configuración conservada satisface el conjunto de los nodos N_i o enlaces interrogados, entonces el líder de clúster actualizará (206) la lista c de los canales de comunicación y comunicará (207) esta configuración para los nodos o enlaces del clúster,
- d) si no, entonces el líder de clúster o actualizará (211) la lista de los canales de comunicación, o bien, permanecerá en la configuración inicial del conjunto de los nodos o enlaces.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la petición (202) de información se desencadena al recibir una alarma (201) al nivel del líder de clúster que traduce un número de nodos o enlaces del clúster (220) no satisfechos por la configuración elegida.

3. Procedimiento según la reivindicación 2 **caracterizado porque** un nodo o enlace contabiliza el número de veces donde el índice de calidad medido no permite verificar la restricción requerida y transmite un valor de alarma al líder de clúster si el valor de la restricción no se verifica un número n_a de veces dado.

4. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** cuando el líder de clúster no encuentra una configuración adaptada, d), entonces, verifica si existe otra configuración entre varios subconjuntos de configuración predefinidos, probando los subconjuntos según un orden de prioridad dado.

5. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la petición (202) de información se desencadena por un procedimiento (231) de desencadenamiento sin alarma que lanza un valor aleatorio A distribuido uniformemente entre dos valores $[0, 1]$ y si el valor A es inferior a un valor de probabilidad dado, entonces, se desencadena el procedimiento de petición de información.

6. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la petición (202) de información se desencadena utilizando un modo determinista en el que se define una ley de variación de probabilidad para el clúster k asociado al desencadenamiento de petición de información.

7. Procedimiento según la reivindicación 6 **caracterizado porque** se utiliza una ley de variación donde $\Pi_k(t)=1$ en momentos determinados y $\Pi_k(t)=0$ si no con $\Pi_k(t)$ la probabilidad de desencadenar un procedimiento de petición de información para el clúster k .

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el líder de clúster solicita a los nodos o enlaces transmitirle las relaciones de potencia de ganancia/ruido más interferencia Q_m^k para todos los canales m posibles de la lista preestablecida:

40
$$Q_m^k = (Q_m^k(1), Q_m^k(2), \dots, Q_m^k(F)),$$

donde cada elemento del vector se define como:

$$Q_m^k(s) = \frac{G^s(m, m)}{\sigma^2 + MAI_{m,s}}$$

$G^s(m, m)$ representa la ganancia de potencia del canal del enlace m que pertenece al clúster k , para el canal s y, $MAI_{m,s}$ la interferencia de acceso múltiple, definida como

$$MAI_{m,s} = \sum_{h \in K \setminus k} \mathbb{1}\{C_h = s\} \left(\sum_{l \in N_h} P_h G^s(l, m) \right).$$

5 en la que $G^s(l, m)$ representa la ganancia de potencia del canal entre el transmisor del enlace l y el receptor del enlace m y $\mathbb{1}\{\cdot\}$ corresponde a una función de indicador estándar, a partir de los vectores recibidos Q_m^k el líder de clúster organiza los vectores recibidos Q_m^k en una matriz G , $G(l, f)$ indica el elemento en la l -ésima línea (enlace) y la f -ésima columna (canal) de la matriz, el elemento es igual al f -ésimo elemento del vector Q_m^k :

$$G = \begin{bmatrix} Q_1^k(1) & Q_1^k(2) & \dots & Q_1^k(F) \\ Q_2^k(1) & \dots & & \\ \dots & & \dots & \\ Q_{L_k}^k(1) & & & Q_{L_k}^k(F) \end{bmatrix}$$

después, evalúa el número máximo de enlaces adaptado para satisfacer la calidad de servicio,

$$L_{MAX} = \max_f \sum_{\ell} \mathbb{1}\{P_{MAX} G(\ell, f) \geq \Gamma_{\ell}\}.$$

10 entonces, la matriz G' se construye poniendo a cero todas las columnas de G donde $\sum_{\ell} \mathbb{1}\{P_{MAX} G(\ell, f) \geq \Gamma_{\ell}\} < L_{MAX}$, el líder de clúster selecciona entonces un valor particular f^* en función de las necesidades de la red, así como la configuración c_{ℓ} para cada enlace ℓ a partir de la matriz $G(\ell, f^*)$.

9. Procedimiento según la reivindicación 8 **caracterizado porque** el líder de clúster usa un criterio mín-máx, selecciona el valor mínimo del enlace ℓ^* y el canal f^* usando la expresión:

$$\begin{cases} \ell^* = \arg \min_{\ell} \left\{ \frac{G'(\ell, f)}{\Gamma_{\ell}} \text{ tal como } \frac{P_{MAX} G'(\ell, f)}{\Gamma_{\ell}} \geq 1 \right\}, \\ f^* = \arg \max_f \frac{G'(\ell^*, f)}{\Gamma_{\ell^*}} \end{cases},$$

15 después, el líder de clúster atribuye a cada enlace una potencia para la comunicación:

$$P_{\ell} = \left\lfloor \frac{\Gamma_{\ell}}{G'(\ell, f^*)} \right\rfloor,$$

en el que el operador de cuantificación $\lfloor \cdot \rfloor$ da el menor valor de potencia cuantificado superior a $\Gamma_{\ell} / (G'(\ell, f^*))$.

10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9 **caracterizado porque** los enlaces ℓ tales como $P_{MAX} G'(\ell, f^*) < \Gamma_{\ell}$ se ponen a cero atribuyéndoles una potencia nula $P_{\ell} = 0$.

20 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10 **caracterizado porque** la restricción que se verificará es una calidad de servicio.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11 para la configuración de nodos o de enlaces en una red móvil ad-hoc.

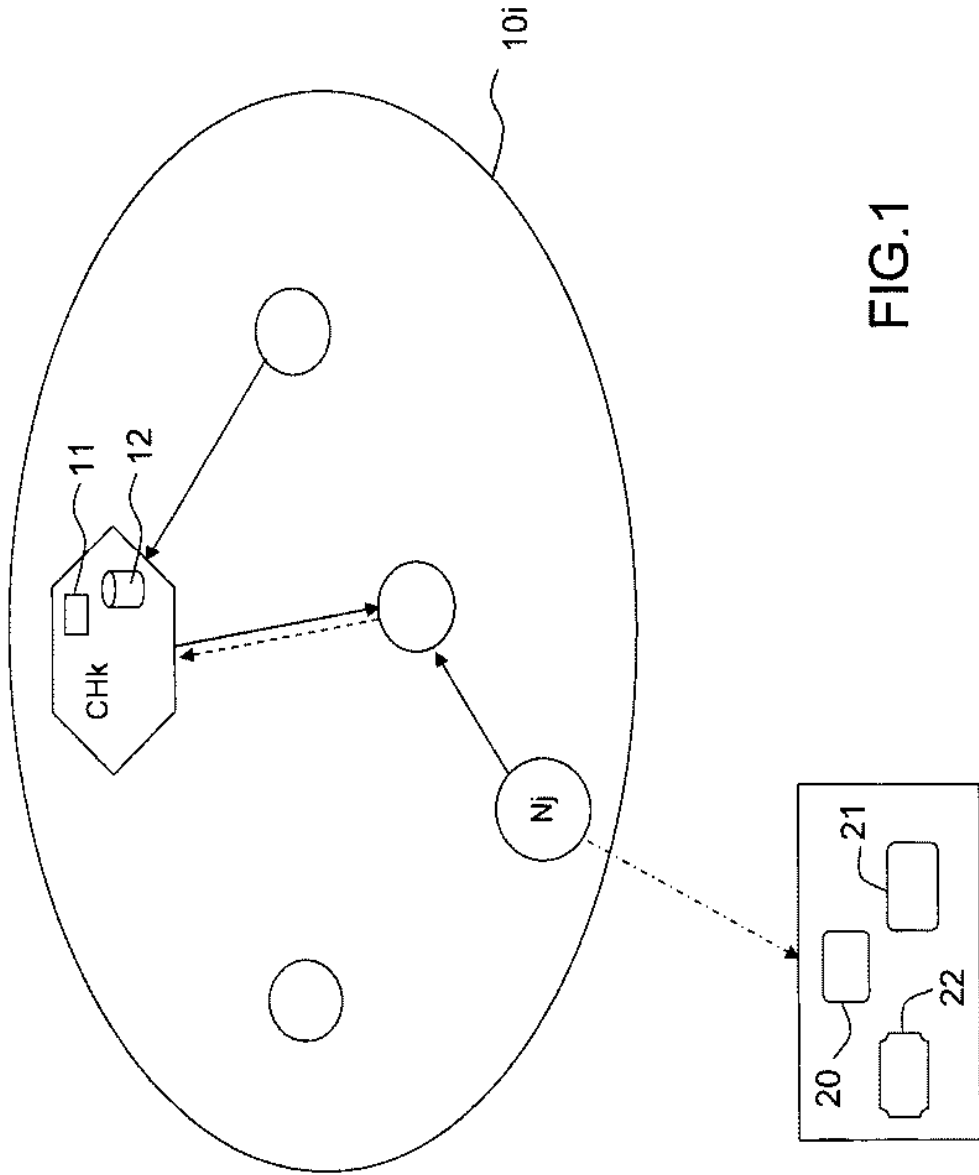


FIG.1

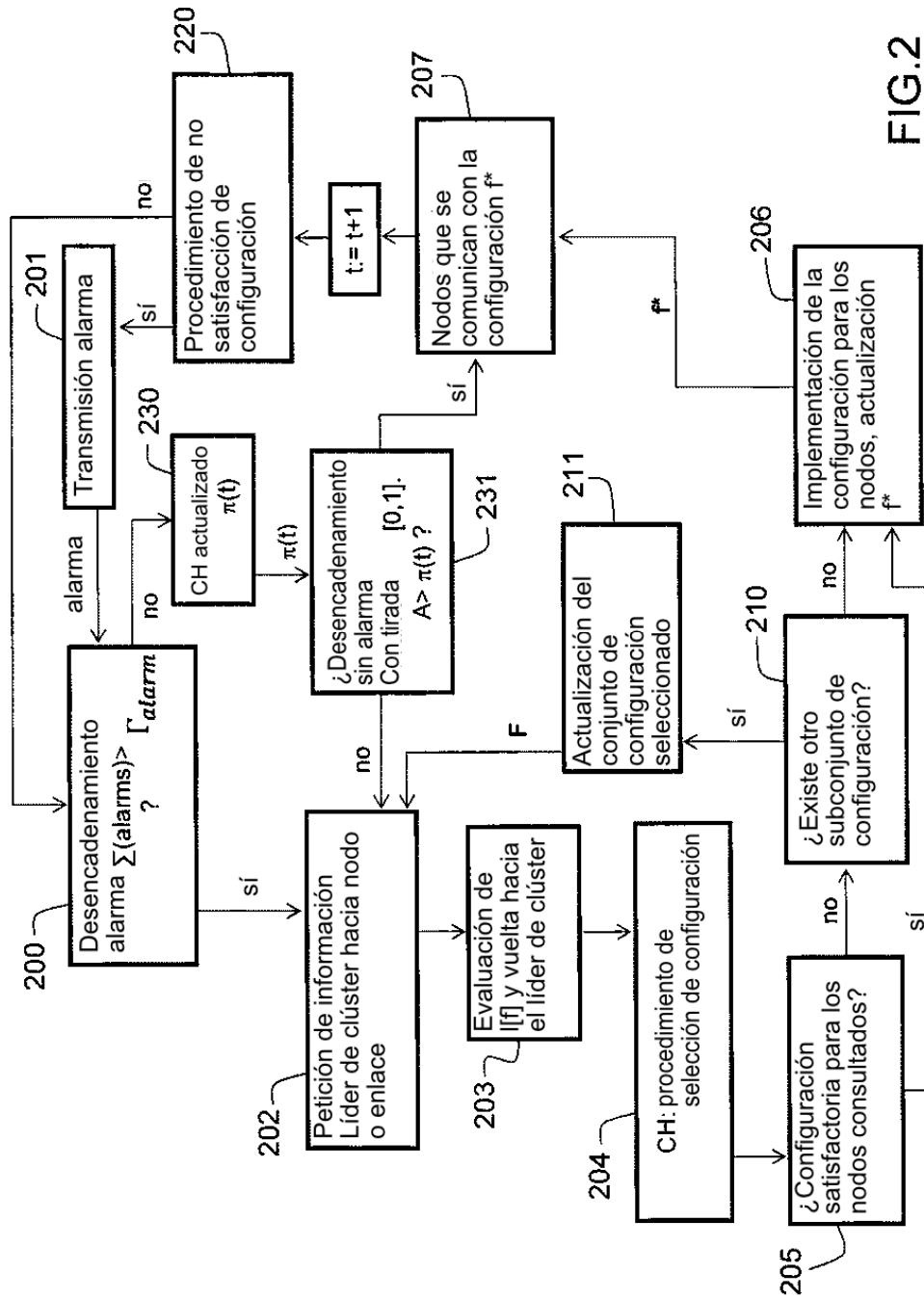


FIG.2

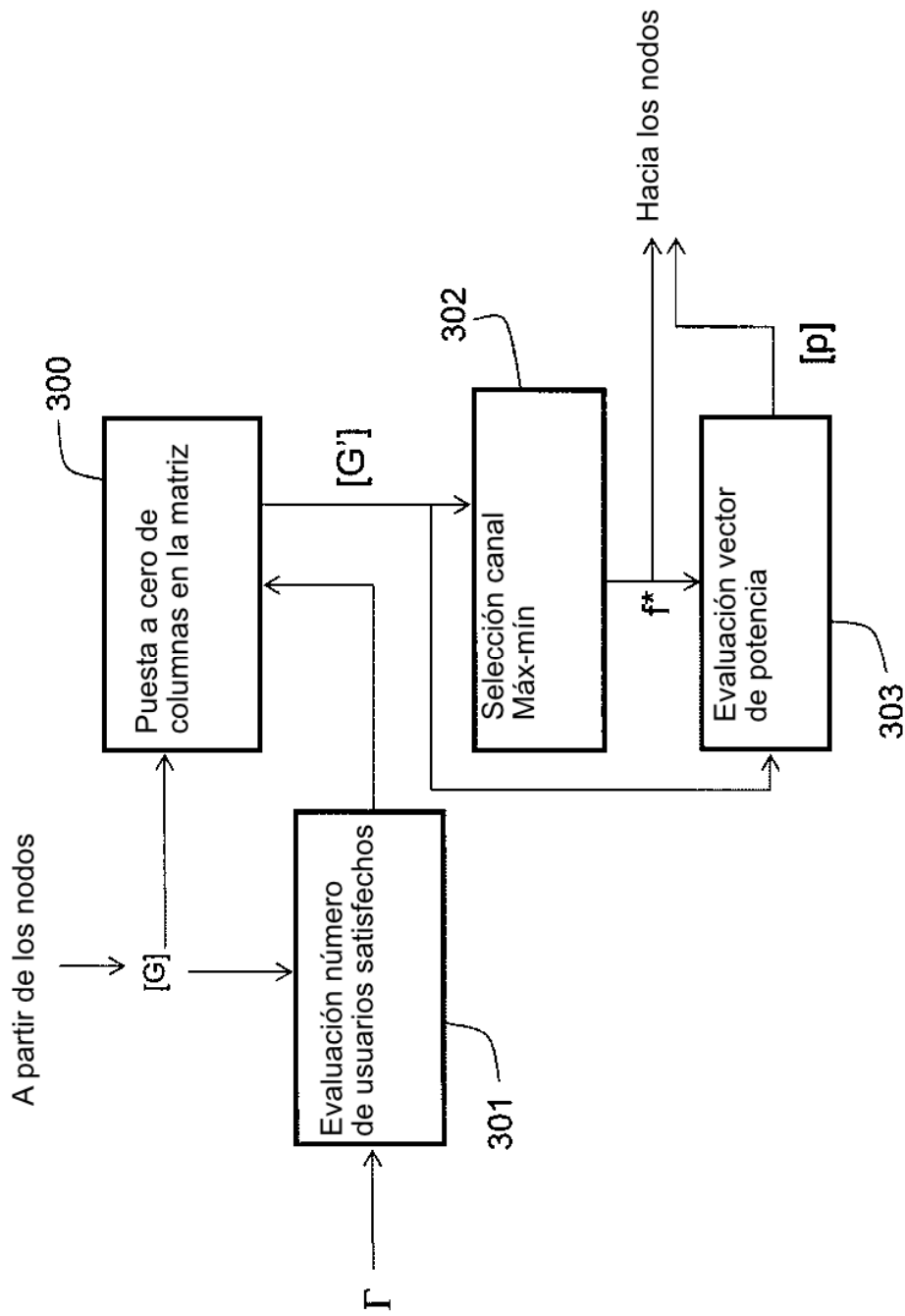


FIG.3