

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 531**

21 Número de solicitud: 201131913

51 Int. Cl.:

H04W 72/00 (2009.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

28.11.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.06.2013

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

16.12.2013

Fecha de la concesión:

09.12.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

16.12.2014

73 Titular/es:

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (100.0%)

**Jordi Girona, 31
08034 Barcelona (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**RODRÍGUEZ FONOLLOSA, Javier;
AGUSTÍN DE DIOS, Adrián;
MUÑOZ MEDINA, Olga y
VIDAL MANZANO, Josep**

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Nuria

54 Título: **MÉTODO Y SISTEMA PARA LA GESTIÓN DESCENTRALIZADA DE FEMTOCÉLULAS VECINAS**

57 Resumen:

Método y sistema para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas.

El método comprende:

- la comunicación, a una primera femtocélula desde una segunda femtocélula, de la siguiente información:
 - i) la restricción de requerimientos de interferencia de un usuario activo de la segunda femtocélula, y
 - ii) uno o más parámetros que caracterizan un canal radio físico definido desde la primera femtocélula hasta dicho al menos un usuario activo de la segunda femtocélula;
- la autoconfiguración de los parámetros de transmisión de la primera femtocélula usando la información comunicada i) y ii).

El sistema está configurado para implementar el método de la invención.

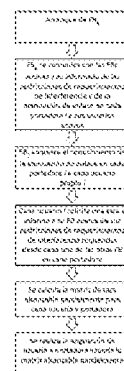


Figura 1

ES 2 409 531 B1

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas.

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere al campo de las comunicaciones. Más específicamente, la invención se refiere a un método y a un sistema para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas, incluyendo la autoconfiguración de parámetros de transmisión y el ajuste de restricciones de requerimientos de interferencia en una red de femtocélulas.

Antecedentes de la invención

10 Una femtocélula es una estación base pequeña que se implanta en el entorno doméstico o de negocios pequeños para conseguir una mejor cobertura de voz y datos interior, mejorando al mismo tiempo la fiabilidad de la macrocélula. Es una solución económica, que puede mejorar la eficacia del espectro de la red y aumentar adicionalmente la tasa de transmisión de bits máxima en zonas de cobertura baja. Las femtocélulas, al igual que las macroestaciones base, pueden estar habilitadas para comunicarse con una red celular mediante un enlace basado en IP, que puede ser, por ejemplo, una conexión de línea de abonado digital (DSL) o una conexión de cable o fibra óptica.

15 Existen muchos estudios técnicos y modelos de negocio que exponen el potencial excepcional de las femtocélulas en cuanto a aumento de la capacidad de la red, ahorro de energía y aporte de beneficios desde la perspectiva económica y social, y que indican las redes basadas en femtocélulas como un gran avance tecnológico en las redes móviles del futuro. Sin embargo, las macrocélulas y femtocélulas usan el mismo espectro, originando interferencias e imponiendo dificultades de traspaso horizontal adicionales que necesitan administrarse de forma adecuada. Además las industrias están preocupadas porque los beneficios previstos no son sencillos de lograr, debido a importantes desafíos técnicos y no técnicos. En particular, uno de los principales problemas técnicos procede del hecho de que una implantación masiva de femtocélulas plantearía serias dificultades en la gestión de interferencia de radio entre las células macro y femto y entre femtocélulas vecinas.

20 Las soluciones convencionales, como las descritas en los documentos US 2010/0246482 A1, US 2010/254319 A1 o 2010/0065328 A1, proponen el empleo de una entidad de gestión centralizada, que recopila parámetros radio de las femtocélulas vecinas y determina y comunica la configuración de transmisión requerida para cada una de ellas. La principal limitación de tales métodos es el hecho de que cualquier cambio en los parámetros radio experimentado por una única femtocélula requiere su notificación a la entidad de gestión centralizada y la reconfiguración de los parámetros de transmisión de la pluralidad de las femtocélulas. Otras soluciones, como los métodos propuestos en US/20090316649 A1 o US/20100111022 A1, están descentralizadas, es decir no requieren la existencia de una entidad de gestión centralizada, y permiten la autoconfiguración de femtocélulas cuando se integran en una red de femtocélulas existente. Sin embargo, debido a la falta de comunicación con las femtocélulas vecinas, estas técnicas no pueden garantizar una utilización eficaz de los recursos de radio y, simultáneamente, evitar la degradación del rendimiento de la red de femtocélulas existente. De hecho estas invenciones podrían verse afectadas por el problema del nodo oculto, un problema ampliamente conocido para una persona con conocimientos medios en la técnica, puesto que no está previsto ningún procedimiento para controlar el nivel de la interferencia generado a las unidades móviles a las que dan servicio las células vecinas. El método descrito en el documento US 2010/0054196 A1 incluye sin embargo la posibilidad de una comunicación directa entre femtocélulas mutuamente interferentes con el fin de coordinar los diagramas de radiación de antena y la asignación de recursos de una manera distribuida. No obstante, los métodos reivindicados tampoco garantizan una utilización eficaz del espectro disponible y, simultáneamente, que el nivel de interferencia combinada que perciben cualquiera de los usuarios de femtocélula se mantenga por debajo de un valor dado. De hecho, los métodos reivindicados intentan minimizar la interferencia conjunta usando una configuración coordinada de parámetros de transmisión, pero no pueden garantizar ningún valor máximo específico. Además y de manera más importante, los métodos propuestos no son adecuados para la configuración inicial de una femtocélula cuando se integra en una red de femtocélulas ya operativa puesto que requieren el inicio de una fase de negociación con todas las femtocélulas vecinas.

25 Otras limitaciones y desventajas de las propuestas convencionales resultarán evidentes para un experto en la técnica, a través de la comparación de tales sistemas con algunos aspectos de la presente invención, tal como se expone en el resto de la presente descripción.

La investigación de la presente invención ha recibido financiación por parte del Séptimo programa marco de la UE [FP7/2007-2011] en virtud del acuerdo de subvención nº ICT-248891 STP FREEDOM.

SUMARIO DE LA INVENCION

30 Esta descripción se refiere, en general, a métodos y a sistemas para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un método para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas, que comprende:

- la comunicación, a una primera femtocélula desde al menos una segunda femtocélula de una pluralidad de femtocélulas vecinas, de la siguiente información:

5 i) la restricción de requerimientos de interferencia de al menos un usuario activo de dicha segunda femtocélula, y

ii) al menos un parámetro que caracteriza al menos un canal de radio físico definido desde la primera femtocélula hasta dicho al menos un usuario activo de la segunda femtocélula;

10 - la autoconfiguración de los parámetros de transmisión de dicha primera femtocélula usando al menos la información comunicada i) y ii).

Dichos parámetros de transmisión comprenden, dependiendo de la realización, potencia de transmisión y/o tasa de transmisión y/o vector de dirección de transmisión.

15 Por restricciones de requerimientos de interferencia se entiende, en general, los valores máximos de potencia interferente que un equipo de usuario activo en una femtocélula dada puede recibir desde cada una de las femtocélulas vecinas sin degradar el enlace de comunicación activo con dicha femtocélula dada.

Para una realización, el método del primer aspecto comprende además la comunicación, desde dicha primera femtocélula hasta al menos dicha segunda femtocélula y/o hasta otra femtocélula de dicha pluralidad de femtocélulas, de la siguiente información:

- la restricción de requerimientos de interferencia de al menos un usuario activo de la primera femtocélula, y

20 - al menos un parámetro que caracteriza al menos un canal de radio físico definido desde dicha segunda y/u otra femtocélula hasta dicho al menos un usuario activo de la primera femtocélula.

25 Dicho parámetro, que es al menos uno, que caracteriza dicho canal de radio físico, que es al menos uno, para algunas realizaciones, es al menos un parámetro del grupo que incluye los siguientes parámetros: la atenuación del enlace y el vector de canal complejo, dicho vector de canal complejo incluyendo la atenuación del enlace.

30 Para una realización del método, al menos uno de entre la pluralidad de femtocélulas y los usuarios activos están equipados con una, dos, tres, cuatro o más antenas y al menos parte de las femtocélulas comunican la fase y la atenuación del enlace, por medio de dicho canal de vector complejo, desde al menos una de las antenas de otra femtocélula hasta al menos una de las antenas de los usuarios activos vinculados a dicha al menos parte de las femtocélulas que realizan dicha comunicación.

Para algunas realizaciones, dicha etapa ii) se realiza para una o una pluralidad de frecuencias portadoras en un sistema multiportadora usado para la comunicación de dicha segunda femtocélula con una pluralidad de usuarios activos.

35 El método del primer aspecto comprende además, según una realización, adquirir, dicha primera femtocélula, el conocimiento de dicho parámetro, que es al menos uno, que caracteriza dicho canal de radio con respecto a canales de radio definidos entre dicha primera femtocélula y cada uno de una pluralidad de usuarios propios, para una pluralidad de frecuencias portadoras en un sistema multiportadora.

40 Según una realización, el método del primer aspecto comprende además solicitar, por cada uno de los usuarios propios de la primera femtocélula, una tasa de transmisión e informar a la primera femtocélula de sus restricciones de requerimientos de interferencia desde cada una de las otras femtocélulas de dicha pluralidad de femtocélulas vecinas en cada frecuencia portadora en un sistema multiportadora.

El método del primer aspecto comprende, para una realización, realizar dicha autoconfiguración de dichos parámetros de transmisión usando la técnica de *Waterfilling*.

45 Según una realización, el método del primer aspecto comprende usar los parámetros de transmisión autoconfigurados para realizar una asignación de portadora entre los usuarios de la primera femtocélula, garantizando que la interferencia generada para las restantes de la pluralidad de femtocélulas vecinas se mantiene por debajo de las restricciones de requerimientos de interferencia comunicadas.

50 Para una realización adicional, denominada a continuación en el presente documento realización de ajuste de interferencia, el método del primer aspecto comprende el ajuste mutuo de las restricciones de requerimientos de interferencia entre la primera femtocélula y al menos la segunda femtocélula.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas que comprende el ajuste mutuo de las restricciones de requerimientos de interferencia entre una primera femtocélula y al menos una segunda femtocélula de dicha pluralidad de femtocélulas, considerando sus usuarios activos, de una manera descentralizada, basándose dicho ajuste mutuo en no afectar el rendimiento de transmisión del resto de dicha pluralidad de femtocélulas.

Para una realización del método del segundo aspecto de la invención el método comprende, una vez que se ha realizado dicho ajuste mutuo de restricciones de requerimientos de interferencia, establecer valores nuevos para al menos parte de los parámetros de transmisión para dichas primera y segunda femtocélulas.

El método del segundo aspecto de la invención comprende, para una realización, realizar dicho ajuste de restricciones de requerimientos de interferencia y establecer valores nuevos para al menos parte de los parámetros de transmisión sin infringir las restricciones de requerimientos de interferencia para el resto de dicha pluralidad de femtocélulas.

Según una realización, el método del segundo aspecto comprende realizar dicho ajuste de restricciones de requerimientos de interferencia por medio de las siguientes acciones:

- la comunicación mutua, entre dicha primera femtocélula y al menos dicha segunda femtocélula, de sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas y de la variación en los valores de al menos parte de sus parámetros de transmisión que experimentarían si se cambiasen sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas;

- la determinación de las restricciones de requerimientos de interferencia mutuas ajustadas o actualizadas que permiten variar los valores de al menos parte de los parámetros de transmisión de dichas primera y segunda femtocélulas sin afectar al rendimiento de transmisión del resto de dicha pluralidad de femtocélulas; y

- el establecimiento de los valores nuevos de al menos parte de los parámetros de transmisión para dichas primera y segunda femtocélulas según dicha determinación.

El método del segundo aspecto comprende, según una realización, realizar dicha comunicación mutua de sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas y de la variación en los valores de los parámetros de transmisión que experimentarían si se cambiasen sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas, entre dicha primera femtocélula y al menos parte de dicha pluralidad de femtocélulas, y encontrar dicha segunda femtocélula, de entre dicha pluralidad de femtocélulas, como aquella con la que el ajuste de las restricciones de requerimientos de interferencia mutuas con la primera femtocélula es mutuamente beneficioso con respecto a dicha variación en los valores de al menos parte de los parámetros de transmisión.

Dicho establecimiento de valores nuevos de los parámetros de transmisión para dichas primera y segunda femtocélulas comprende, para una realización del método del segundo aspecto:

- aumentar la tasa de transmisión total o reducir la potencia de transmisión total de dicha primera femtocélula; y/o

-aumentar la tasa de transmisión total o reducir la potencia de transmisión total de dicha segunda femtocélula, y/o

- aumentar la tasa de transmisión total de dicha primera femtocélula y reducir la potencia de transmisión total de dicha segunda femtocélula, o viceversa.

Según una realización del método del segundo aspecto, dicho parámetro de transmisión cuyos valores deben variarse y establecerse es:

- potencia de transmisión, si dicha primera femtocélula puede satisfacer de manera conjunta los requerimientos de tasa de transmisión de todos los usuarios conectados a la misma, o

- tasa de transmisión, si dicha primera femtocélula no puede satisfacer de manera conjunta los requerimientos de tasa de transmisión de todos los usuarios conectados a la misma.

La descripción anterior en relación con diferentes realizaciones del método del segundo aspecto de la invención también se refiere a diferentes variantes de la realización de ajuste de interferencia del método del primer aspecto de la invención.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un sistema para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas, que comprende una segunda femtocélula en comunicación con una primera femtocélula de una pluralidad de femtocélulas vecinas para entregar a esta última la siguiente información:

i) la restricción de requerimientos de interferencia de al menos un usuario activo de dicha segunda femtocélula, y

ii) al menos un parámetro que caracteriza al menos un canal de radio físico definido desde la primera femtocélula hasta dicho al menos un usuario activo de la segunda femtocélula;

5 en el que dicha primera femtocélula se adapta para autoconfigurar sus parámetros de transmisión usando al menos la información comunicada i) y ii).

El sistema del tercer aspecto de la invención está configurado para implementar el método del primer aspecto.

10 Mediante el método y sistema de los aspectos primero y tercero de la invención, se proporciona una autoconfiguración descentralizada en una red de femtocélulas para la incorporación de femtocélulas en la misma, en la que los parámetros de transmisión de enlace descendente de cada una de dichas femtocélulas que se incorporan se ajustan para satisfacer las restricciones de requerimientos de interferencia determinadas por el resto de una pluralidad de femtocélulas.

15 Un cuarto aspecto de la invención se refiere a un sistema para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas, que comprende una primera femtocélula y al menos una segunda femtocélula de dicha pluralidad de femtocélulas configuradas para ajustar mutuamente las restricciones de requerimientos de interferencia entre las mismas, con respecto a sus usuarios activos, de una manera descentralizada, basándose dicho ajuste mutuo en no afectar al rendimiento de transmisión del resto de dicha pluralidad de femtocélulas.

20 El sistema del cuarto aspecto de la invención está configurado para implementar el método del segundo aspecto.

25 Mediante los aspectos segundo y cuarto de la invención, se proporcionan un método y un sistema para i) aumentar la tasa de transmisión total o ii) reducir la potencia de transmisión total o iii) aumentar la tasa de transmisión total en una y reducir la potencia de transmisión total en la otra de dos cualesquiera de una pluralidad de femtocélulas sin sobrepasar las restricciones de requerimientos de interferencia determinadas por el resto de una pluralidad de femtocélulas.

30 Los sistemas y métodos de la presente invención se pueden aplicar para cualquier estación base de femtocélula, microcélula o macrocélula con un enlace basado en IP que funcione con tecnologías ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL2, FTTx o cualquier otra especificación de enlace con la red central o a los terminales de equipos inalámbricos móviles o fijos que dan servicio de Internet equipados con una, dos, tres, cuatro o más antenas y configurados para funcionar con señales IS-95, CDMA, GSM, TDMA, GPRS, EDGE, UMTS, WCDMA, OFDM, OFDMA, TD-SCDMA, HSDPA, LTE, LTE-A, WiMax, 3GPP y/o 3GPP2.

La presente invención salva las limitaciones de las propuestas de la técnica anterior proporcionando dos ventajas principales, dependiendo de la realización:

35 i) Proporciona un sistema y un método para la autoconfiguración descentralizada de femtocélulas en el arranque que no interfieran con la red de femtocélulas operativa existente. De hecho, a las femtocélulas vecinas se les da la posibilidad de establecer una potencia interferente máxima permitida para cada uno de sus usuarios asociados, garantizando así que su funcionamiento ininterrumpido no se vea afectado por la introducción de la femtocélula nueva;

40 ii) Proporciona un sistema y un método que pueden usarse de mutuo acuerdo por cualquier par de femtocélulas vecinas con el fin de reconfigurar de un modo descentralizado sus parámetros de transmisión para beneficiarse de una tasa de transmisión aumentada o una energía transmitida reducida.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 Las anteriores y otras ventajas y características se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de varias realizaciones ilustrativas y no limitativas cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es un diagrama de flujo con respecto a una primera realización del método y el sistema de los aspectos primero y tercero de la invención, según un esquema SISO;

la Figura 2 es otro diagrama de flujo con respecto a una segunda realización del método y sistema de los aspectos primero y tercero de la invención, según un esquema MISO; y

50 la Figura 3 es un diagrama de flujo adicional en relación con una realización del método y sistema de los aspectos segundo y cuarto de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Realización 1

5 Determinadas realizaciones de los aspectos primero y tercero de la invención se encuentran en un método y un sistema para una autoconfiguración descentralizada de la potencia de transmisión en una o varias frecuencias portadoras de al menos una de una pluralidad de femtocélulas para satisfacer las restricciones de requerimientos de interferencia determinadas y comunicadas por al menos una o más del resto de una pluralidad de femtocélulas. Las femtocélulas pueden habilitarse para recibir y utilizar restricciones de requerimientos de interferencia desde una o más del resto de una pluralidad de femtocélulas con el fin de configurar los parámetros de transmisión, como por ejemplo la potencia de transmisión en una o varias frecuencias portadoras. En esta realización se supone que las femtocélulas y los usuarios activos están equipados con sólo una antena.

10 La Figura 1 ilustra el diagrama de bloques correspondiente a la realización 1 aplicado a un sistema de comunicación celular multiportadora. En el arranque, la femtocélula FB_k establece una comunicación con las femtocélulas vecinas FB_j y es informada de las restricciones de requerimientos de interferencia $\Gamma_{kj}^{(i)} ; \forall i, j$ y de la atenuación del enlace $\rho_{kj}^{(i)} ; \forall i, j$ en cada portadora i para sus correspondientes usuarios activos. Adicionalmente, la FB_k adquiere el conocimiento de la atenuación del enlace en cada portadora i para cada usuario propio l $\rho_{kk(l)}^{(i)} ; \forall i, l$. Cada usuario l de la femtocélula FB_k solicita una tasa $R_{k(l)}^{(i)}$ e informa acerca de sus restricciones de requerimientos de interferencia requeridas desde cada una de las femtocélulas vecinas FB_j en cada frecuencia portadora i , $\Gamma_{jk(l)}^{(i)} ; \forall i, j$. Una vez que toda esta información está disponible en la femtocélula FB_k , la matriz de tasa alcanzable parcialmente por cada usuario y portadora puede calcularse usando la expresión:

$$\forall i$$

$$\forall l$$

$$\text{Max } \log \left(1 + \frac{P_{k(l)}^{(i)} \rho_{kk(l)}^{(i)}}{\sum_{j \neq k} \Gamma_{jk(l)}^{(i)} + \sigma_{k(l)}^{(i)2}} \right) = R_{k(l)}^{(i)}$$

$$\text{s.t. } \begin{cases} P_{k(l)}^{(i)} \rho_{kj}^{(i)} \leq \Gamma_{kj}^{(i)}, \forall j \neq k \\ P_{k(l)}^{(i)} \leq P_k^{(i)} \end{cases}$$

20 donde $P_k^{(i)}$ es la máxima potencia transmitida en la frecuencia portadora i de la femtocélula FB_k . Por tasa alcanzable parcialmente se entiende el límite de capacidad de Shannon para la transmisión del usuario l usando sólo la portadora i y cumpliendo las restricciones de requerimientos de interferencia comunicadas por las femtocélulas vecinas de la red de femtocélulas. La solución matemática para este problema de optimización es bien conocida y puede obtenerse por medio del algoritmo de *Waterfilling*. La matriz de tasa de transmisión alcanzable parcialmente puede emplearse para realizar la asignación de portadoras entre todos los usuarios de FB_k garantizando que la interferencia generada al resto de femtocélulas de la red se mantiene por debajo de las restricciones de requerimientos de interferencia comunicadas. Puede ocurrir que para algunos casos no pueda garantizarse que las tasas solicitadas por todos los usuarios de la FB_k se satisfagan, lo que ha motivado a los presentes inventores al desarrollo de un método como el descrito en la realización 3.

Realización 2

35 Otras realizaciones de los aspectos primero y tercero de la invención se encuentran en un método y sistema para una autoconfiguración descentralizada de la potencia y el vector de dirección de transmisión en una o varias frecuencias portadoras de al menos una de una pluralidad de femtocélulas para satisfacer las restricciones de requerimientos de interferencia determinadas y comunicadas por al menos una o más del resto de una pluralidad de femtocélulas. Adicionalmente, las femtocélulas pueden habilitarse para recibir y utilizar algunos parámetros de una o más del resto de una pluralidad de femtocélulas con el fin de configurar los parámetros de transmisión, como por ejemplo la potencia de transmisión y el vector de dirección de transmisión en una o varias frecuencias portadoras. En esta realización las femtocélulas y los usuarios activos pueden estar equipados con una, dos, tres, cuatro o más antenas.

40 La Figura 2 ilustra el diagrama de bloques correspondiente a la realización 2 aplicado a un sistema de comunicación celular multiportadora. En el arranque, la femtocélula FB_k establece una comunicación con las

femtocélulas vecinas FB_j y es informada de las restricciones de requerimientos de interferencia $\Gamma_{kj}^{(i)} ; \forall i, j$ y del canal de vector complejo $\mathbf{h}_{kj}^{(i)} ; \forall i, j$ en cada portadora i para sus correspondientes usuarios activos. Adicionalmente, la FB_k adquiere el conocimiento del canal de vector complejo en cada portadora i para cada usuario propio l $\mathbf{h}_{kk(l)}^{(i)} ; \forall i, l$. Cada usuario l de la femtocélula FB_k solicita una tasa $R_{k(l)}^{(i)}$ e informa acerca de sus restricciones de requerimientos de interferencia requeridas desde cada una de las femtocélulas vecinas FB_j en cada frecuencia portadora i , $\Gamma_{jk(l)}^{(i)} ; \forall i, j$. Una vez que toda esta información está disponible en la femtocélula FB_k , la matriz de tasa alcanzable parcialmente para cada usuario y portadora puede calcularse usando la expresión:

$\forall i$

$\forall l$

$$\text{Max } \log \left(1 + \frac{\mathbf{h}_{kk(l)}^{(i)H} \mathbf{S}_{k(l)}^{(i)} \mathbf{h}_{kk(l)}^{(i)}}{\sum_{j \neq k} \Gamma_{jk(l)}^{(i)} + \sigma_{k(l)}^{(i)2}} \right) = R_{k(l)}^{(i)}$$

$$\text{s.t. } \begin{cases} \mathbf{h}_{kj}^{(i)H} \mathbf{S}_{k(l)}^{(i)} \mathbf{h}_{kj}^{(i)} \leq \Gamma_{kj}^{(i)}, \forall j \neq k \\ \text{Tr}(\mathbf{S}_{k(l)}^{(i)}) \leq P_k^{(i)} \end{cases}$$

donde $\mathbf{S}_{k(l)}^{(i)}$ es la matriz de covarianza de transmisión de la señal transmitida al usuario l en la frecuencia portadora

10 i de la femtocélula FB_k y $P_k^{(i)}$ es la máxima potencia transmitida en la frecuencia portadora i de la femtocélula FB_k .

Para el canal de vector complejo $\mathbf{h}_{kj}^{(i)}$ o $\mathbf{h}_{kk(l)}^{(i)}$ el superíndice H indica la transpuesta hermitiana. La solución matemática a este problema de optimización también es bien conocida y puede obtenerse por medio de un algoritmo de *Waterfilling* generalizado. La matriz de tasa alcanzable parcialmente para cada usuario l en cada portadora i entonces puede emplearse para realizar la asignación de portadora entre todos los usuarios de la FB_k garantizando que la interferencia generada al resto de las femtocélulas de la red se mantiene por debajo de las restricciones de requerimientos de interferencia comunicadas. Puede ocurrir que para algunos casos no pueda garantizarse que las tasas solicitadas por todos los usuarios de la FB_k se satisfagan, lo que ha motivado a los inventores actuales al desarrollo de un método similar al descrito en la realización 3.

15

Realización 3

20

Las realizaciones de los aspectos segundo y cuarto de la invención proporcionan un método y un sistema para i) aumentar la tasa de transmisión total o ii) reducir la potencia de transmisión total o iii) aumentar la tasa de transmisión total en una y reducir la potencia de transmisión total en la otra de dos cualesquiera de una pluralidad de femtocélulas sin cambiar las restricciones de requerimientos de interferencia determinadas por el resto de una pluralidad de femtocélulas. Al menos una de la femtocélulas se habilita para intercambiar uno o más parámetros con al menos una de las femtocélulas restantes y ambas pueden determinar si un cambio de las restricciones de requerimientos de interferencia comunicadas mutuamente a la otra femtocélula puede implicar un aumento en su tasa de transmisión total o una reducción de su potencia de transmisión total. En caso de que se encuentre que este reajuste de restricción de interferencia mutua es beneficioso, es decir, puede proporcionar un aumento de tasa transmitida total o una disminución de potencia transmitida total a cada una de las dos femtocélulas participantes, dichas dos femtocélulas establecen los nuevos parámetros de transmisión en consecuencia. El resto de una pluralidad de femtocélulas no se ven afectadas por la reconfiguración de dichas dos femtocélulas y no tiene que comunicárseles nada a este respecto.

25

30

35

La Figura 3 ilustra el diagrama de bloques correspondiente a la realización 3 aplicada a un sistema de comunicación celular multiportadora. Se definen dos trayectorias diferentes en el método dependiendo de si los requerimientos de tasa de todos los usuarios conectados a la femtocélula k pueden o no satisfacerse conjuntamente. Este hecho determina el objetivo de optimización global de la femtocélula k en posible colaboración con las femtocélulas vecinas, lo que puede ser o bien aumentar la tasa transmitida total o bien reducir la potencia transmitida total. En ambos casos la femtocélula empieza a comunicarse con las femtocélulas vecinas con el fin de valorar la posibilidad de ajustar mutuamente las restricciones de requerimientos de interferencia entre sí si este ajuste resulta ser beneficioso para ambas, es decir, si cada una de ellas puede o bien aumentar la tasa de transmisión total o bien reducir la potencia transmitida total, sin infringir las restricciones de requerimientos de interferencia para el resto de la pluralidad de femtocélulas. Matemáticamente, este beneficio mutuo puede analizarse comprobando la determinante de la siguiente matriz:

40

5

$$\forall j$$

$$D_{kj}^{(i)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial C_k^{(i)}(\Gamma_k^{(i)})}{\partial \Gamma_{kj}^{(i)}} & \frac{\partial C_k^{(i)}(\Gamma_k^{(i)})}{\partial \Gamma_{jk}^{(i)}} \\ \frac{\partial C_j^{(i)}(\Gamma_j^{(i)})}{\partial \Gamma_{kj}^{(i)}} & \frac{\partial C_j^{(i)}(\Gamma_j^{(i)})}{\partial \Gamma_{jk}^{(i)}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

donde

$$C_m^{(i)} = \begin{cases} P_m^{(i)} & \text{si el objetivo de } \text{FB}_m \text{ es minimizar la potencia, } m = k, j \\ -P_m^{(i)} & \text{si el objetivo de } \text{FB}_m \text{ es maximizar la tasa, } m = k, j \end{cases}$$

10

A menos que el determinante de la matriz $D_{kj}^{(i)}$ sea nulo, es decir $|D_{kj}^{(i)}| \neq 0, \forall i, k \neq j$, las femtocélulas k y j pueden beneficiarse de un ajuste de sus restricciones de interferencia mutuas. Las restricciones de interferencia actualizadas se calculan como:

$$[\Gamma'_{kj}, \Gamma'_{jk}]^T = [\Gamma_{kj}, \Gamma_{jk}]^T + \partial_{kj} \mathbf{d}_{jk}$$

donde

$$\mathbf{d}_{jk} = \text{sign}(ad - bc)[d - b, a - c]^T$$

15

y $\partial_{kj} > 0$ es un tamaño de paso pequeño. El superíndice T indica la transpuesta del vector. Una vez que se han ajustado las restricciones de requerimientos de interferencia el método regresa al estado inicial.

Un experto en la técnica puede introducir cambios y modificaciones en las realizaciones descritas, sin apartarse del alcance de la invención tal como se describe en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas, que comprende:
 - la comunicación, a una primera femtocélula desde al menos una segunda femtocélula de una pluralidad de femtocélulas vecinas, de la siguiente información:
 - 5 i) la restricción de requerimientos de interferencia de al menos un usuario activo de dicha segunda femtocélula, y
 - ii) al menos un parámetro que caracteriza al menos un canal radio físico definido desde la primera femtocélula hasta dicho usuario activo de la segunda femtocélula, que es al menos uno;
 - la autoconfiguración de los parámetros de transmisión de dicha primera femtocélula usando al menos la información comunicada i) y ii).
- 10 2. Método según la reivindicación 1, que comprende además la comunicación, desde dicha primera femtocélula hasta al menos dicha segunda femtocélula y/o hasta otra femtocélula de dicha pluralidad de femtocélulas, de la siguiente información:
 - 15 - la restricción de requerimientos de interferencia de al menos un usuario activo de la primera femtocélula, y
 - al menos un parámetro que caracteriza al menos un canal radio físico definido desde dicha segunda y/u otra femtocélula hasta dicho usuario activo de la primera femtocélula, que es al menos uno.
- 20 3. Método según la reivindicación 1, en el que dicho parámetro que caracteriza dicho canal radio físico, que es al menos uno, es al menos un parámetro del grupo que incluye los siguientes parámetros: la atenuación de enlace y el vector de canal complejo, dicho vector de canal complejo incluyendo atenuación de enlace.
4. Método según la reivindicación 2, en el que dicho parámetro que caracteriza dicho canal radio físico, que es al menos uno, es al menos un parámetro del grupo que incluye los siguientes parámetros: la atenuación de enlace y el vector de canal complejo, dicho vector de canal complejo incluyendo atenuación de enlace.
- 25 5. Método según la reivindicación 3, en el que al menos uno de entre la pluralidad de femtocélulas y los usuarios activos están equipados con una, dos, tres, cuatro o más antenas y al menos parte de las femtocélulas comunican la fase y la atenuación del enlace, por medio de dicho vector de canal complejo, desde al menos una de las antenas de otra femtocélula hasta al menos una de las antenas de los usuarios activos vinculados a dicha al menos parte de las femtocélulas que realizan dicha comunicación.
- 30 6. Método según la reivindicación 4, en el que al menos uno de entre la pluralidad de femtocélulas y los usuarios activos están equipados con una, dos, tres, cuatro o más antenas y al menos parte de las femtocélulas comunican la fase y la atenuación del enlace, por medio de dicho vector de canal complejo, desde al menos una de las antenas de otra femtocélula hasta al menos una de las antenas de los usuarios activos vinculados a dicha al menos parte de las femtocélulas que realizan dicha comunicación.
- 35 7. Método según la reivindicación 1, en el que dicha etapa ii) se realiza para al menos una frecuencia portadora en un sistema multiportadora usado para la comunicación de dicha segunda femtocélula con una pluralidad de usuarios activos.
8. Método según la reivindicación 7, en el que dicha etapa ii) se realiza para una pluralidad de frecuencias portadoras en un sistema multiportadora usado para la comunicación de dicha segunda femtocélula con una pluralidad de usuarios activos.
- 40 9. Método según la reivindicación 1, que comprende además adquirir, dicha primera femtocélula, el conocimiento de dicho parámetro, que es al menos uno, que caracteriza dicho canal de radio con respecto a canales de radio definidos entre dicha primera femtocélula y cada uno de una pluralidad de usuarios propios, para una pluralidad de frecuencias portadoras en un sistema multiportadora.
- 45 10. Método según la reivindicación 1, en el que dicha restricción de requerimientos de interferencia se refiere al valor máximo de potencia interferente que un equipo de usuario activo en una femtocélula dada puede recibir desde cada una de las femtocélulas vecinas sin degradar el enlace de comunicación activo con dicha femtocélula dada.
- 50 11. Método según la reivindicación 9, que comprende además solicitar, por cada uno de dichos usuarios propios de dicha primera femtocélula, una tasa de transmisión e informar a la primera femtocélula de sus restricciones de requerimientos de interferencia requeridas desde cada una de las otras femtocélulas de dicha pluralidad de femtocélulas vecinas en cada frecuencia portadora en un sistema multiportadora.

12. Método según la reivindicación 1, en el que dichos parámetros de transmisión comprenden potencia de transmisión y/o tasa de transmisión y/o vector de dirección de transmisión.
13. Método según la reivindicación 11, que comprende realizar dicha autoconfiguración de dichos parámetros de transmisión usando la técnica de *Waterfilling*.
- 5 14. Método según la reivindicación 11, que comprende usar dichos parámetros de transmisión autoconfigurados para realizar una asignación de portadoras entre usuarios de dicha primera femtocélula, garantizando que la interferencia generada para las restantes femtocélulas de dicha pluralidad de femtocélulas vecinas se mantiene por debajo de las restricciones de requerimientos de interferencia comunicadas.
- 10 15. Método según la reivindicación 2, que comprende el ajuste mutuo de las restricciones de requerimientos de interferencia entre dicha primera femtocélula y al menos dicha segunda femtocélula.
16. Método según la reivindicación 15, que comprende, una vez que se ha realizado dicho ajuste mutuo de restricciones de requerimientos de interferencia, establecer valores nuevos para al menos parte de los parámetros de transmisión para dichas primera y segunda femtocélulas.
- 15 17. Método según la reivindicación 16, que comprende realizar dicho ajuste de restricciones de requerimientos de interferencia y establecer valores nuevos para al menos parte de los parámetros de transmisión sin infringir las restricciones de requerimientos de interferencia para el resto de dicha pluralidad de femtocélulas.
- 20 18. Método según la reivindicación 17, que comprende realizar dicho ajuste de restricciones de requerimientos de interferencia por medio de las siguientes acciones:
- la comunicación mutua, entre dicha primera femtocélula y al menos dicha segunda femtocélula, de sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas y de la variación en los valores de al menos parte de sus parámetros de transmisión que experimentarían si se cambiasen sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas;
- 25 - la determinación de las restricciones de requerimientos de interferencia mutuas ajustadas o actualizadas que permiten variar los valores de al menos parte de los parámetros de transmisión de dichas primera y segunda femtocélulas sin afectar al rendimiento de transmisión del resto de dicha pluralidad de femtocélulas; y
- 30 - el establecimiento de los valores nuevos de al menos parte de los parámetros de transmisión para dichas primera y segunda femtocélulas según dicha determinación.
19. Método según la reivindicación 18, que comprende realizar dicha comunicación mutua de sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas y de la variación en los valores de los parámetros de transmisión que experimentarían si se cambiasen sus restricciones de requerimientos de interferencia mutuas, entre dicha primera femtocélula y al menos parte de dicha pluralidad de femtocélulas, y encontrar dicha segunda femtocélula, de entre dicha pluralidad de femtocélulas, como aquella con la que el ajuste de las restricciones de requerimientos de interferencia mutuas con la primera femtocélula es mutuamente beneficioso con respecto a dicha variación en los valores de al menos parte de los parámetros de transmisión.
- 35 20. Método según la reivindicación 19, en el que dicho establecimiento de valores nuevos de los parámetros de transmisión para dichas primera y segunda femtocélulas comprende:
- 40 - aumentar la tasa de transmisión total o reducir la potencia de transmisión total de dicha primera femtocélula; y/o
- aumentar la tasa de transmisión total o reducir la potencia de transmisión total de dicha segunda femtocélula, y/o
- 45 - aumentar la tasa de transmisión total de dicha primera femtocélula y reducir la potencia de transmisión total de dicha segunda femtocélula, o viceversa.
21. Método según la reivindicación 20, en el que dicho parámetro de transmisión cuyos valores deben variarse y establecerse es:
- 50 - potencia de transmisión, si dicha primera femtocélula puede satisfacer de manera conjunta los requerimientos de tasa de transmisión de todos los usuarios conectados a la misma, o

- tasa de transmisión, si dicha primera femtocélula no puede satisfacer de manera conjunta los requerimientos de tasa de transmisión de todos los usuarios conectados a la misma.

22. Sistema para la gestión descentralizada de femtocélulas vecinas, que comprende una segunda femtocélula en comunicación con una primera femtocélula de una pluralidad de femtocélulas vecinas para entregar a esta última la siguiente información:

5 i) la restricción de requerimientos de interferencia de al menos un usuario activo de dicha segunda femtocélula, y

ii) al menos un parámetro que caracteriza al menos un canal radio físico definido desde la primera femtocélula hasta dicho al menos un usuario activo de la segunda femtocélula;

10 en el que dicha primera femtocélula está adaptada para autoconfigurar sus parámetros de transmisión usando al menos la información comunicada i) y ii).

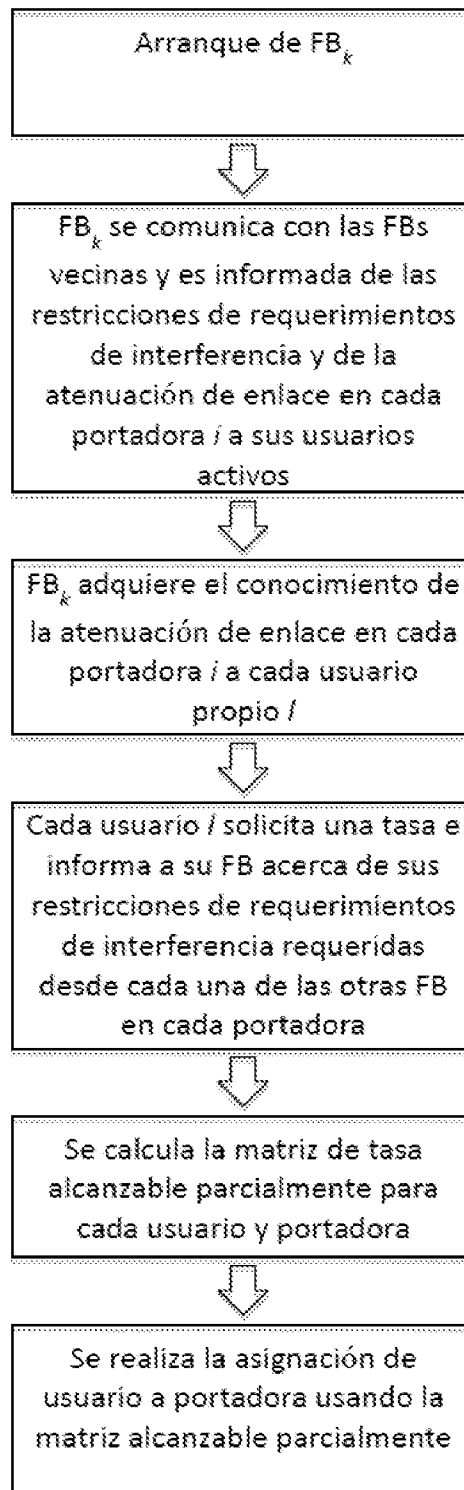


Figura 1

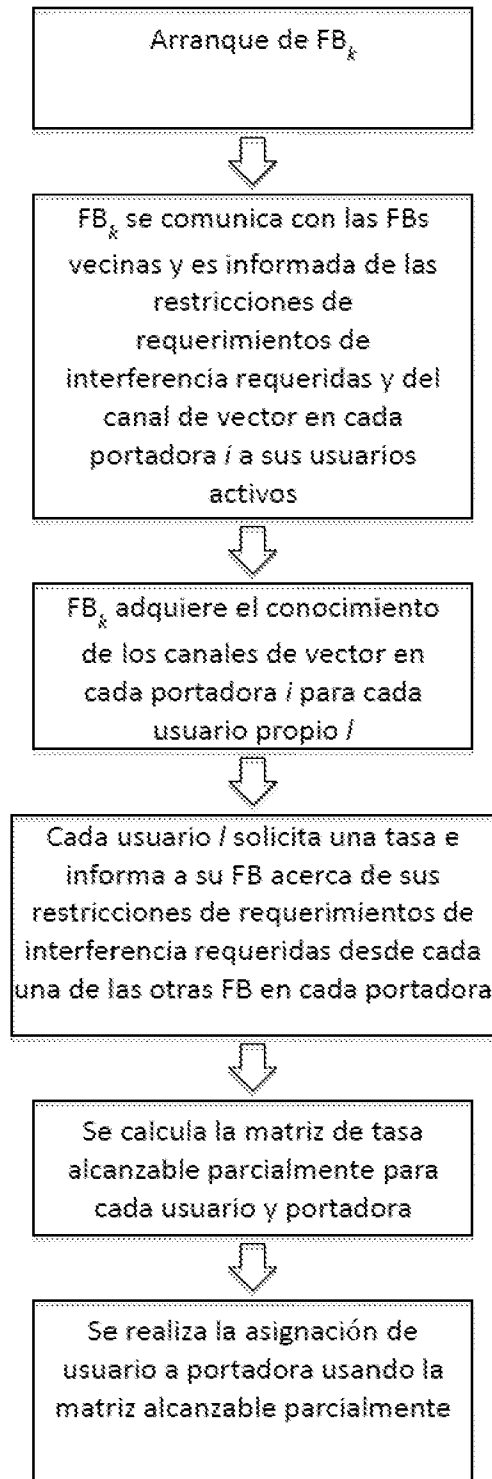


Figura 2

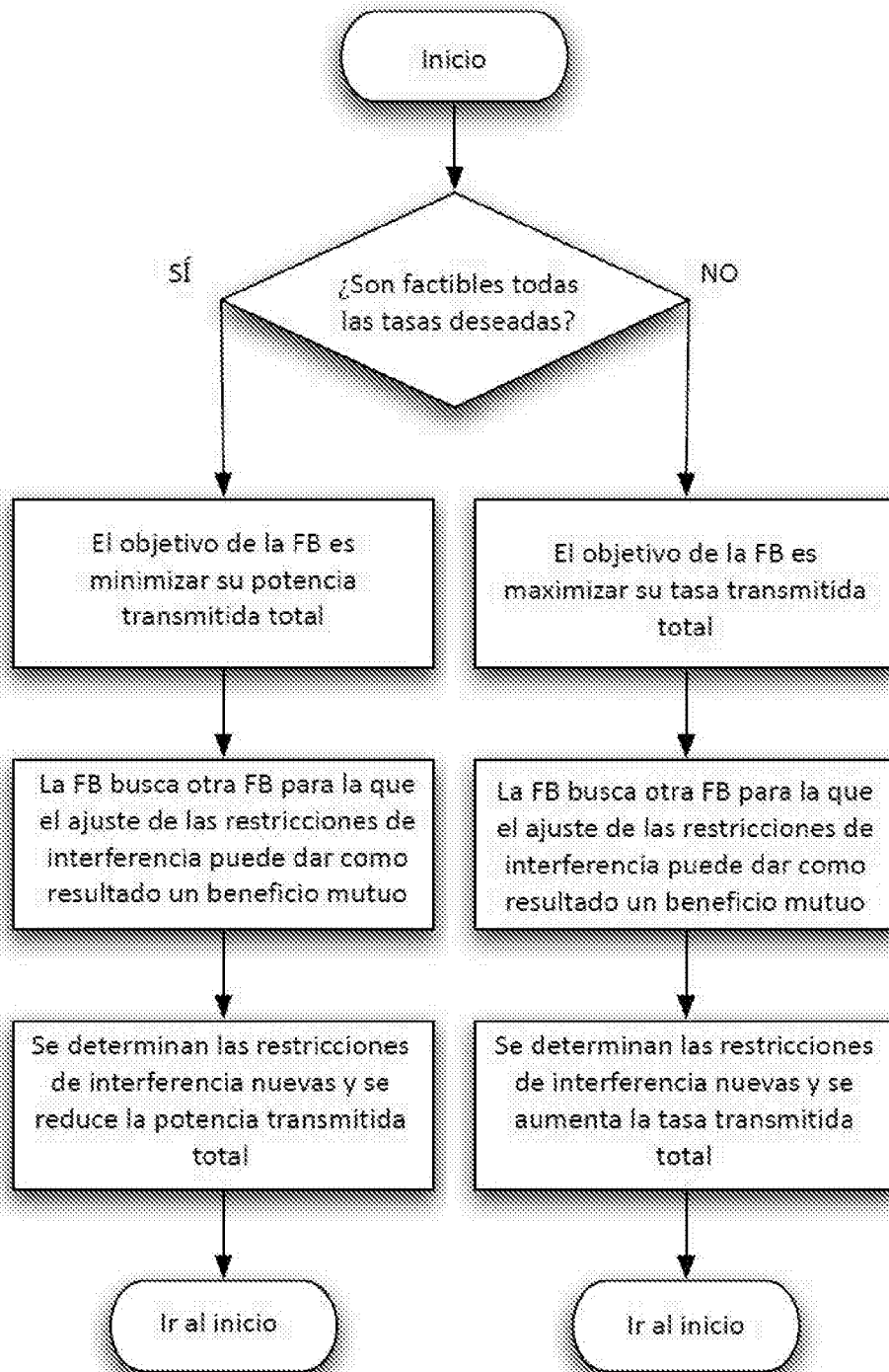


Figura 3



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

21 N.º solicitud: 201131913

22 Fecha de presentación de la solicitud: 28.11.2011

32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

5 Int. Cl.: **H04W72/00** (2009.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	FRANCESCO PANTISANO y col. "Coalition formation games for femtocell interference management: A recursive core approach". Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2011 IEEE, 20110328 IEEE 28.03.2011 VOL: Págs.: 1161-1166 ISBN 978-1-61284-255-4; ISBN 1-61284-255-0 Doi:10.1109/WCNC.2011.5779295.	1-22
A	US 2010184423 A1 (KENT MARK y col.) 22.07.2010	1
A	GEN CAO y col. "An interference coordination scheme for dense femtocell environment" Broadband Network and Multimedia Technology (IC-BNMT), 2010 3rd IEEE International Conference on, 20101026 IEEE 26.10.2010 Págs.: 417-421 ISBN 978-1-4244-6769-3; ISBN1-4244-6769-1 Doi:10.1109/ICBNMT.2010.5705124.	1
A	WO 2009142954 A1 (NTT DOCOMO INC y col.) 26.11.2009	1
A	HOJOONG KWON y col. "Inter-cell interference management for next-generation wireless communication systems". JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS, 20080901 KOREAN INSTITUTE OF COMMUNICATION SCIENCES, SEOUL, KR 01.09.2008 VOL: 10 No: 3 Págs.: 258-267 ISSN 1229-2370 Doi:10.1109/JCN.2008.6388347.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
29.11.2013

Examinador
M. Muñoz Sánchez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04W

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, XPI3E, XPIEE

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.11.2013

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 3-21	SI
	Reivindicaciones 1-2, 22	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 3-21	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	FRANCESCO PANTISANO y col. "Coalition formation games for femtocell interference management: A recursive core approach". Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2011 IEEE, 20110328 IEEE 28.03.2011 VOL: Págs.: 1161-1166 ISBN 978-1-61284-255-4; ISBN 1-61284-255-0 Doi::10.1109/WCNC.2011.5779295.	28.03.2011
D02	US 2010184423 A1 (KENT MARK y col.)	22.07.2010
D03	GEN CAO y col. "An interference coordination scheme for dense femtocell environment". Broadband Network and Multimedia Technology (IC-BNMT), 2010 3rd IEEE International Conference on, 20101026 IEEE 26.10.2010 Págs.: 417-421 ISBN 978-1-4244-6769-3; ISBN1-4244-6769-1 Doi:10.1109/ICBNMT.2010.5705124	26.10.2010
D04	WO 2009142954 A1 (NTT DOCOMO INC y col.)	26.11.2009
D05	HOJOONG KWON y col. "Inter-cell interference management for next-generation wireless communication systems". JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS, 20080901 KOREAN INSTITUTE OF COMMUNICATION SCIENCES, SEOUL, KR 01.09.2008 VOL: 10 Nº: 3 Págs.: 258 - 267 ISSN 1229-2370 Doi:10.1109/JCN.2008.6388347	01.09.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento más próximo del estado de la técnica al objeto de la solicitud.

Reivindicaciones independientes

Reivindicación 1: El documento D01, divulga un método de formación de coaliciones entre femtocélulas vecinas en la que se intercambia información entre las mismas relativas a la interferencia y otros recursos radio para su autoconfiguración. Por tanto la reivindicación 1 no posee novedad de acuerdo con el art. 6.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 22: el sistema reivindicado sería el estrictamente necesario para la ejecución del método de la reivindicación 1. Como consecuencia del análisis de la reivindicación 1 se concluye que la reivindicación 22 no posee novedad de acuerdo con el art. 6.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicaciones dependientes

Reivindicación 2: el contenido de esta reivindicación es la extensión recíproca del contenido de la reivindicación 1 y por tanto se considera incluido en D01.

Por tanto la reivindicación 2 no posee novedad de acuerdo con el art. 6.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicaciones 3-14: las opciones indicadas genéricamente (número y tipo de parámetros, aplicación a como mínimo una o como mínimo varias frecuencias portadoras etc.) en estas reivindicaciones no alteran la esencia del método siendo además comunes en el campo técnico de la solicitud y por tanto evidentes para el experto en la materia.

Reivindicaciones 15-21: el contenido de estas reivindicaciones que de forma general plantea las etapas de ajuste mutuo de restricciones, cambio tentativo de los valores de parámetros que repercuten en las restricciones y el establecimiento definitivo de unos valores de parámetros de transmisión actualizando las restricciones de no afectación más allá de las femtocélulas participantes en el método puede considerarse común a cualesquiera métodos de control/ estrategias para enlaces de radio de los divulgados, por ejemplo, en uno de los documentos D01, D02, D03, D04 o D05 y por tanto se considera evidente para el experto en la materia.

Por tanto las reivindicaciones 3-21 no poseen actividad inventiva de acuerdo con el art. 8.1 de la Ley de Patentes.