

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 378**

51 Int. Cl.:

H04J 11/00 (2006.01)

H04W 72/00 (2009.01)

H04W 24/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2013** **E 13382061 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018** **EP 2773055**

54 Título: **Método, sistema y programa de ordenador para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2018

73 Titular/es:

TELEFÓNICA, S.A. (100.0%)
Gran Vía, 28
28013 Madrid, ES

72 Inventor/es:

BERBERANA, IGNACIO;
APARICIO, MARÍA TERESA y
VILLANÚA, ANA

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 689 378 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).

Método, sistema y programa de ordenador para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica

DESCRIPCIÓN

- 5 **Campo de la técnica**
- La presente invención se refiere en general a la comunicación inalámbrica, y más particularmente a un método y un sistema para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica.
- 10 La invención se refiere también a un producto de programa de ordenador configurado para realizar algunas de las etapas del método propuesto para la cancelación de dicha interferencia del enlace ascendente.
- 15 **Estado anterior de la técnica**
- Uno de los modos esperados para mejorar el funcionamiento de los sistemas móviles inalámbricos en áreas donde la interferencia es el factor limitante, es el uso de receptores avanzados que soporten técnicas de cancelación de interferencia (IC). Para la implementación de la cancelación de interferencia (por ejemplo, con la implementación de la Cancelación Sucesiva de Interferencia (SIC), basada en el principio de detección, decodificación y cancelación de un fuerte interferente y continuar del mismo modo hasta que se pueda decodificar la señal deseada), es a veces necesario que el receptor pueda estimar adecuadamente el canal interferente y sea conocedor del esquema de modulación y codificación usado por el interferente (también se puede requerir otra información, como el código de aleatorización usado).
- 25 En algunos casos, la información requerida para la implementación de la IC está disponible en el receptor de forma natural. Este es el caso, por ejemplo, de Múltiples Entradas y Múltiples Salidas multiusuario (MU-MIMO) de intra-célula, donde se realiza la multiplexación espacial de flujos de diferentes UE. La estación base (BS) receptora es conocedora del esquema de modulación y codificación usado por cada UE y puede aplicar el principio de la SIC. Asimismo, las señales llegan sincronizadas al receptor y está garantizado que las Señales de Referencia usadas para la estimación del canal (DM-RS) usan diferentes desplazamientos cíclicos, de modo que siguen siendo ortogonales. La MU-MIMO del enlace ascendente es soportada por sistemas inalámbricos avanzados como la Evolución a Largo Plazo (LTE) o IEEE 802.11ac.
- 30 Sin embargo, el uso de las técnicas de cancelación de interferencia para la eliminación de la interferencia inter-células en el enlace ascendente se enfrenta a retos significativos. En este caso, no se puede garantizar que las DM-RS sean ortogonales. La situación a solucionar se representa en la figura 1. De dicha figura se puede ver que la interferencia originada por los UE conectados a otras células se puede cancelar en la célula de servicio básicamente si se produce una de dos situaciones posibles:
- 40 • el nivel de interferencia es muy bajo en comparación con el nivel de señal del UE (es decir, $S/I \gg 0$ dB). En este caso, sin embargo, la eliminación de la interferencia proporciona beneficios reducidos.
- el nivel de interferencia es muy alto en comparación con el nivel de señal del UE (es decir, $S/I \ll 0$ dB). Se espera que esta situación se produzca solo en un conjunto limitado de situaciones, como cuando un UE servido por una macrocélula está en el área de cobertura de una femtocélula CSG, o un UE servido por una femtocélula opera en el área de Extensión de Cobertura de la Célula (CRE).
- 45 El documento "*SIC-based ICIC in heterogeneous network*" del Grupo de especificaciones técnicas de red de acceso de radio (TSG-RAN) de 3GPP divulga un esquema basado en la SIC para manejar la interferencia entre células heterogéneas para mejorar la capacidad del sistema. El esquema basado en la SIC propuesto puede cancelar plenamente la interferencia de un macro-UE a una microcélula en el enlace ascendente sin pérdida de rendimiento en la macrocélula debido a una propiedad de canal degradada, lo que significa que la ganancia de canal para el micro eNS interferido es más fuerte que la que hay para el macro eNS de servicio.
- 50 La solicitud de patente WO 2011147267 A1 divulga un método y un dispositivo para la coordinación de interferencia inter-células en un sistema de enlace descendente de evolución a largo plazo. El método incluye las etapas de: determinar si una célula tiene la interferencia, transmitir una señalización de tipo de mensaje a través de un puerto X2 entre las células vecinas entre sí para indicar la realización de la actualización de la configuración de la estación base, recibir información de actualización por la célula receptora en el modo de ICIC, determinar la célula vecina de la célula receptora y con la interferencia de acuerdo con la información de actualización, actualizar la configuración de la estación base de la célula receptora, y realizar un proceso de ICIC de acuerdo con la célula concordante con la interferencia obtenida.
- 60 Se espera que la invención propuesta sirva a los UE localizados en áreas donde no es relevante ninguna de estas dos situaciones, es decir, cuando el nivel de la señal del UE y de la interferencia son similares. En estos casos, la

estimación del canal de la señal interferente no se puede realizar adecuadamente y el resultado es una eficacia limitada de los mecanismos de cancelación de interferencia.

La solución propuesta para superar esta clase de problemas es extender el principio de MU-MIMO a más de una célula o estación base. Para que esto sea posible, se requiere realizar el procesamiento conjunto de las señales recibidas por las diferentes estaciones base, y consecuentemente, implementar un mecanismo de cooperación entre células. Estas clases de técnicas se denominan en la literatura técnica como CoMP (Transmisión y Recepción Multipunto Cooperativas). La CoMP, sin embargo, supone un coste asociado, lo que en el caso del enlace ascendente significa que las señales de banda base cuantificadas se deberían transmitir a un punto de procesamiento común.

La implementación de las técnicas de CoMP en el enlace ascendente para superar los problemas de interferencia del borde de la célula se enfrenta realmente a varios retos:

- El uso de la MU-MIMO de intra-célula del enlace ascendente aumenta la interferencia inter-células. En el escenario del peor caso, la ganancia obtenida en términos de reutilización de los mismos recursos se puede perder debido al aumento de la interferencia inter-células.
- La MU-MIMO inter-células requeriría mecanismos de coordinación complejos entre las células cooperantes, de modo que se pudiesen realizar los procedimientos de cancelación de interferencia. También requeriría enlaces de alta capacidad y de baja latencia entre las células cooperantes (de lo contrario, se debería restringir a la MU-MIMO intra sitio).
- La MU-MIMO inter-células requeriría sacrificar parte de la ganancia de programación selectiva de frecuencias que se puede obtener con la LTE ya que los canales para las células involucradas pueden tener características completamente diferentes y no se puede optimizar la selección de bloques de recursos simultáneamente.
- El soporte del procesamiento conjunto CoMP del enlace ascendente inter-células también requeriría terminales más avanzados y posiblemente excluir el uso de los terminales heredados (por ejemplo, los UE de la Edición 8 y 9).

Se pretende que la invención propuesta proporcione beneficios similares a los que se pueden obtener con las técnicas CoMP del enlace ascendente pero con una complejidad reducida, tanto en el terminal como en la red. Para conseguir estos objetivos, se propone el uso de un mecanismo que se ha usado extensamente para la estimación de la localización de los terminales móviles (es decir, el reporte de las huellas digitales de radiofrecuencia (RF)). Además, la invención es compatible con las interfaces de radio tanto de LTE como de LTE Avanzada sin modificaciones. Este puede requerir, sin embargo, cambios en los protocolos.

Sumario de la invención

La invención propone una solución para facilitar el soporte de las técnicas de cancelación de interferencia en el enlace ascendente de un sistema celular inalámbrico, tal como la LTE, la LTE Avanzada, etc. por medio de la recogida de las huellas digitales de RF por las estaciones base y el intercambio de las huellas digitales de RF durante las llamadas activas. Este mecanismo permitiría solucionar algunos de los problemas indicados anteriormente y sería complementario a mecanismos similares propuestos para el enlace descendente.

De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un método para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica, que comprende, como es común en la técnica, la medición, por una estación base interferida, de la interferencia del enlace ascendente provocada sobre al menos un dispositivo de usuario interferido conectado inalámbricamente a la misma, y cuando dicha interferencia del enlace ascendente excede un umbral determinado realizar un proceso de cancelación.

Al contrario de las propuestas conocidas, y en un modo característico, la estación base interferida realiza dicho proceso de cancelación que comprende las siguientes etapas:

- a) descubrir e identificar al menos una estación base de servicio potencialmente interferente a la cual está conectado inalámbricamente al menos un dispositivo de usuario interferente de una pluralidad de dispositivos de usuario interferentes.
- b) solicitar a dicha al menos una estación base de servicio potencialmente interferente descubierta e identificada las huellas digitales de RF de los uno o más dispositivos de usuario interferentes servidos por la misma y usar los mismos bloques de recursos de frecuencia de dicha estación base interferida;
- c) recibir, como resultado de dicha solicitud, al menos la huella digital de RF de dicho al menos un dispositivo de usuario interferente.
- d) consultar dicha huella digital de RF recibida en un registro que incluye información con respecto a varias huellas digitales de RF de otros dispositivos de usuario y al menos información con respecto al nivel de interferencia causado sobre dicha estación base interferida cuando no está siendo servida por la misma;
- e) seleccionar, como resultado de dicha consulta, la huella digital de RF más similar a la recibida y tomar la información del nivel de interferencia asociado con la misma; y

f) usar dicha información tomada del nivel de interferencia para la realización de dicha cancelación de dicha interferencia del enlace ascendente.

Las huellas digitales de RF solicitadas de los uno o más dispositivos de usuario interferentes también se almacenan en el registro o base de datos y a continuación también se actualiza dicho registro. Antes de introducir las huellas digitales de RF en el registro o base de datos, estas preferiblemente se pre-procesan, por ejemplo comprimiendo sus datos de información, con el fin de reducir los requisitos de almacenamiento o hacer frente a mediciones parciales. Este procesamiento se requeriría, por ejemplo, para seleccionar las secciones de frecuencias donde no se produce interferencia de múltiples células.

La huella digital de RF almacenada incluye una medida de la respuesta de frecuencia compleja del canal de radio entre el dispositivo de usuario y la estación base (por ejemplo, el resultado del estimador de canal en el receptor de la estación base), así como otras métricas de la interferencia de radio tales como un adelanto de temporización, una información de localización a partir de unos datos de GPS del dispositivo de usuario, reportes que contienen datos procedentes de otras RAT proporcionados por el dispositivo de usuario o reportes de información que contienen las señales WiFi recibidas por el dispositivo de usuario. Debido a que las células de diferentes proveedores pueden tener diferentes salidas a partir del receptor de canal, podría definirse un formato común que se pueda implementar fácilmente por la mayoría de ellos si es que no todos pueden implementarlo.

De acuerdo con una realización, la etapa de medición se realiza durante periodos de reposo de dicha estación base interferida.

Las huellas digitales de RF están compuestas preferiblemente por varias características de la capa 1 de la conexión del enlace ascendente que pueden ser reportadas por las estaciones base, como la estimación de canal, la potencia de señal recibida, el adelanto de temporización (TA) aplicado o el esquema de modulación y codificación programado. La huella digital de RF se reporta por dispositivo de usuario y el concepto gestionado en la invención es diferente del usado para los fines de localización o control de acceso.

Para el soporte del enlace entre las estaciones base cooperantes se puede reutilizar una interfaz de X2. Sin embargo, se incorporan nuevos mensajes que incluyen un número de trama y de sub-trama de la información con respecto al nivel de interferencia y los bloques de recursos de frecuencia (RB) usados para soportar los diferentes procedimientos. En una implementación alternativa, una arquitectura centralizada como Cloud RAN, donde los elementos de procesamiento de banda base de varias estaciones base se concentran en una única localización, también se pueden usar cumpliendo los requisitos de la invención, sin requerir el soporte de la interfaz de X2.

De acuerdo con otra realización, el descubrimiento y la identificación de la al menos una estación base de servicio potencialmente interferente se realiza periódicamente cada cierto periodo de tiempo.

De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un sistema para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica, en el que una estación base interferida comprende medios de medición y procesamiento para la realización de una medida de la interferencia del enlace ascendente provocada sobre al menos un dispositivo de usuario interferido conectado inalámbricamente al mismo y para la realización de un proceso de cancelación. Al contrario de las propuestas conocidas, la estación base interferida se configura para la implementación del método del primer aspecto por medio de dicho medio de procesamiento y por medio de una memoria accesible por el mismo que almacena dicho registro.

De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en un ordenador, se configuran para realizar las etapas a), b), d), e) y f) del método del primer aspecto.

Con la invención propuesta, se puede superar la interferencia inter-células, que es la principal limitación para la capacidad del enlace ascendente en los sistemas LTE. Además, la invención no depende de las capacidades del dispositivo de usuario, por ejemplo, se puede aplicar para terminales heredados que no soportan la MIMO del enlace ascendente y las estaciones base que soportan los procedimientos e-ICIC de ABS soportarán la misma sin cambios significativos. Aunque se ha adaptado para su uso en la LTE, los principios básicos de la invención se podrían aplicar a otras tecnologías similares como, por ejemplo, HSUPA.

Finalmente, las huellas digitales de RF almacenadas por la estación base se pueden reutilizar para otros fines, como la optimización de las decisiones de programación (por ejemplo, el soporte de programación coordinada selectiva de frecuencias o la mejora de la pre-codificación con el fin de minimizar la interferencia inter-células).

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características anteriores, y otras, se entenderán más completamente a partir de la siguiente

descripción detallada de realizaciones, con referencia a los dibujos adjuntos, que se deben considerar en un modo ilustrativo y no limitante en los que:

- 5 La figura 1 muestra una situación común de interferencia inter-células del enlace ascendente.
 La figura 2 es un diagrama de flujo que describe la relación de las tres fases propuestas por el método de la presente invención de acuerdo con el primer aspecto.
 La figura 3 es una ilustración del proceso que se realiza durante la fase de descubrimiento propuesta de acuerdo con una realización de la presente invención.
 10 La figura 4 es una ilustración del proceso que se realiza durante la fase de recogida propuesta de acuerdo con una realización de la presente invención.
 La figura 5 es una ilustración de los diferentes módulos usados en un procedimiento de transmisión - recepción en un sistema de OFDM común.
 La figura 6 es una ilustración del procesamiento que se tiene que realizar antes de introducir las huellas digitales de RF en la base de datos de acuerdo con una realización de la presente invención.
 15 La figura 7 es una ilustración del proceso para estimar la interferencia de acuerdo con una realización de la presente invención.
 La figura 8 es una ilustración del proceso que se realiza cuando una BS de servicio acuerda colaborar con el método de cancelación de interferencia propuesto.
 La figura 9 es una ilustración del proceso que se realiza una vez que se ha seleccionado una huella digital de RF interferente.
 20 La figura 10 es una ilustración del proceso que se realiza incluyendo un proceso de demodulación y decodificación de la señal antes y después de la cancelación de interferencia para mejorar el método de cancelación propuesto.

25 **Descripción detallada de varias realizaciones**

La figura 2 muestra las tres fases en las que se estructura la invención: descubrimiento, recogida y cancelación. La fase de descubrimiento pretende descubrir las estaciones base que pueden cooperar en la implementación del método de cancelación de interferencia propuesto. La fase de recogida pretende la acumulación de las huellas digitales de RF que se pueden usar y la fase de cancelación pretende eliminar la interferencia inter-células basándose en las huellas digitales de RF reportadas por las BS potencialmente interferentes. A continuación, se describirá una explicación en detalle de cada fase.

35 Fase de descubrimiento

En la fase de descubrimiento, una estación base que es capaz de soportar la cancelación de interferencia del enlace ascendente identifica las estaciones base con las que puede cooperar. En este sentido, se puede (pero no necesariamente se debería) considerar una extensión de la característica de la Red con Auto Organización denominada Relación de Vecinos Automática (ANR). El proceso de descubrimiento debería producirse una vez que la estación base es conocedora de con qué otras estaciones base tiene implementada una interfaz de X2 mejorada (mejorada significa que es capaz de soportar el intercambio de los nuevos mensajes indicados para la invención propuesta). La estación base está sincronizada en tiempo y frecuencia con sus vecinas, y conoce el número de trama que está siendo usado por sus vecinas.

45 En la figura 3, cuando se inicia el proceso, la estación base (BS2) usa periodos de reposo (las sub-tramas en la que no esta no tiene programado recibir tráfico o unos RB de reposo) para realizar mediciones de las UE conectadas a otras estaciones base que están usando los mismos recursos de frecuencia. Debería observarse que la BS2 no tiene ningún modo de saber a qué BS está conectado el UE transmisor.

50 Por esa razón, si el nivel de señal medido excede un umbral determinado, asociado con el nivel máximo de interferencia aceptable, la BS2 envía un mensaje a las estaciones base con las que tiene una interfaz de X2 disponible solicitando información acerca de la señal que produjo la interferencia. El mensaje de Solicitud de RF incluye el número de trama y de sub-trama de las señales interferentes y los Bloques de Recursos (RB) usados. Las estaciones base deberían, para el soporte de esta fase, mantener un registro de las huellas digitales de RF de un número relativamente bajo de sub-tramas recibidas (por ejemplo, una trama).

A continuación, las estaciones base a las que se pregunta responden con un mensaje de Respuesta de RF, que generalmente incluye varios elementos de información:

- 60
- Una indicación de los RB programados en la trama / sub-trama interrogada. Si la estación base no tenía ningún UE en los RB indicados en la Solicitud, reporta un valor nulo.
 - Una respuesta de frecuencia compleja de canal por antena del receptor, como los parámetros de la Transformada de Fourier (FT) Digital de la respuesta del canal de la Señal de Referencia de Demodulación (DM-RS).

- El nivel de potencia recibido.
- El adelanto de temporización del UE transmisor.
- El esquema de modulación y codificación usado.
- Si está disponible, información acerca de la localización del UE, como las reportadas por el UE (si tiene un GPS activado) u obtenidas por la red.
- Si está disponible, información de RF procedente de otras redes (por ejemplo, otras RAT, WiFi...).

Puede ocurrir que varias estaciones base pueden contestar a este mensaje, de modo que la estación base solicitante tiene que almacenar y procesar sus respuestas con el fin de estimar cuál es la fuente principal para la interferencia. La incertidumbre se puede solucionar fácilmente si el número de interferentes potenciales es bajo y el factor de actividad del tráfico también es bajo.

El resultado de esta fase es una lista de estaciones base que pueden ser la fuente de la interferencia del enlace ascendente cuando unos UE están conectados a las mismas. Estas estaciones base constituyen un Grupo de IC de RF (los procedimientos detallados en las fases siguientes se limitan a los miembros del grupo de IC de RF). El grupo de IC de RF tiene un identificador, que se debería elegir para evitar cualquier incertidumbre potencial (para estos fines, se puede usar el identificador de la célula que ha iniciado la fase de descubrimiento), y también se proporciona un identificador interno a cada BS en el grupo.

Para ser parte del Grupo de IC de RF, las estaciones base tienen que cumplir dos condiciones adicionales:

- La latencia en el intercambio de mensajes de X2 entre la BS y la estación base principal del Grupo de IC de RF debería ser compatible con la requerida en la fase de cancelación.
- La estación base y la BS principal del Grupo de IC de RF deberían estar sincronizadas en tiempo y en frecuencia.

De este modo, cada estación base que soporta la cancelación de interferencia basada en huellas digitales de RF debería, después de que se haya realizado la fase de descubrimiento, conducir su propio Grupo de IC de RF. Una estación base puede ser parte de más de un Grupo de IC de RF como estación cooperante, pero solo puede conducir un Grupo de IC de RF.

La fase de descubrimiento se repite periódicamente con el fin de determinar si nuevas estaciones base en la red pueden ser causa de interferencia significativa (la BS debería ser conocedora de que hay nuevas estaciones base ya que estas se deberían identificar en el proceso SON de ANR).

Fase de recogida:

En esta fase, también durante los periodos de reposo, la estación base recoge pares de huellas digitales de RF a partir de un único UE conectado a una estación base diferente en su Grupo de IC de RF. Esta fase se activa cuando la estación base tiene sub-tramas del enlace ascendente en reposo o parcialmente en reposo. El proceso general se ilustra en la siguiente figura, en la que, por razones de simplicidad, solo se representan dos BS, la interrogante y la interrogada:

La recogida de huellas digitales de RF se activa al enviar, la estación base interrogante, un mensaje de Solicitud de Recogida de RF a todas las estaciones base que se han identificado como interferentes potenciales en la fase anterior. Se han previsto dos procedimientos diferentes:

- Procedimiento de difusión:

En el primero, el mensaje es enviado a todas las estaciones base en el Grupo de IC de RF por la estación base principal del Grupo de IC de RF. Una dirección de difusión en la cabecera del mensaje indica que se envía a todas las estaciones base.

La Solicitud enviada indica el conjunto de tramas / sub-tramas en las que tendrá lugar la recogida de huellas digitales de RF. Se propone que esto se realice por medio de un mapa de bits, similar al usado para la indicación de las Sub-tramas en Blanco Absoluto (ABS) para ICIC mejorado. Las sub-tramas marcadas con un 1 son aquellas en las que la estación base medirá la huella digital de RF, mientras que las marcadas con un 0 no se medirán. La interrogada puede seleccionar las sub-tramas que mejor se ajustan a sus decisiones de programación. Es en interés del procedimiento que las estaciones base interrogadas no transmitan en todas las sub-tramas que la estación base va a medir, de modo que se produzcan mejores estimaciones de la interferencia asociada con un UE determinado.

- Procedimiento selectivo:

En este caso, la estación base interrogante envía diferentes mensajes a cada estación base interrogada. Este método, más avanzado, requeriría el uso de tres valores por sub-trama en el mapa. Un +1 indica que la sub-

trama se medirá y que la interrogada puede transmitir la huella digital de RF del (de los) UE que tiene programado(s) en la misma. Las sub-tramas marcadas con 0 indican que la estación base interrogante no medirá la huella digital de RF. Las sub-tramas marcadas con -1 indican que la BS interrogada no puede programar los UE en la misma, con el fin de garantizar que no se interfiere la huella digital de RF medida en la estación base interrogante (que corresponde con un UE conectado a una tercera estación base).

En las sub-tramas que se medirán, las estaciones base interrogadas programan los UE que están en el borde de la célula (por ejemplo, los UE que están transmitiendo a plena potencia).

En la invención, la(s) huella(s) digital(es) de RF que se reportará(n) cumple(n) varios requisitos:

- Es útil para emplearse en el proceso de interferencia realizado en la siguiente fase.
- Requiere una alta capacidad para su transmisión a través de la interfaz de X2 modificada.
- Incorpora una estimación de la fiabilidad de la huella digital reportada.
- Se asume que la respuesta del canal debería ser constante a lo largo de un periodo de sub-trama.

La parte común de la huella digital de RF propuesta a intercambiar en respuesta a una interrogación se compone de dos componentes. La primera componente es una estimación de la respuesta a un impulso del canal muestreado, con un vector complejo de tamaño N_c , que es el número de sub-portadoras.

$$\bar{h} = [h_0 h_1 h_2 \dots h_{N_c-1}]^T$$

Este vector se puede estimar a partir de la respuesta de frecuencia del canal \bar{H} , como:

$$\bar{H} = DFT_N(\bar{h})$$

Siendo N el tamaño de la FFT. La respuesta del canal puede ser estimada por la estación base a partir de las Señales de Referencia transmitidas por el UE. La matriz de DFT F se puede definir como:

$$F = \begin{bmatrix} W_N^{0,0} & \dots & W_N^{0,N_c-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_N^{N-1,0} & \dots & W_N^{N-1,N_c-1} \end{bmatrix}$$

Donde cada elemento de la matriz viene dado por:

$$W_N^{i,k} = \left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right) e^{-j2\pi\left(\frac{ik}{N}\right)}$$

La segunda componente es una muestra de la señal recibida en el dominio de la frecuencia Y . Esto se puede producir como el resultado de la DFT en el receptor como se indica en la figura 5.

La señal recibida Y en cada BS es el resultado de la convolución de la entrada de la IDFT X en el transmisor con la respuesta de frecuencia del canal H . Debido a que X puede cambiar en cada sub-trama, incluso si el canal sigue siendo el mismo, la interferencia generada puede ser diferente, de modo que la respuesta del canal podría no ser suficiente para predecir la interferencia generada. Por esta razón, tanto la estimación de la respuesta del canal como la señal recibida son parte de la huella digital de RF.

Debería observarse que ambas componentes a incorporar en la huella digital de RF se pueden estimar y enviarse antes de que la demodulación completa de la señal se haya producido en el receptor.

Como se ha explicado anteriormente, la huella digital de RF almacenada en la estación base interrogada incorpora al menos la respuesta a un impulso del canal de muestra y , y antes de introducir la huella digital de RF en el registro o la base de datos, esta se puede pre-procesar con el fin de reducir los requisitos de almacenamiento o hacer frente a mediciones parciales.

La fase de recogida se puede coordinar para ser realizada simultáneamente por varias estaciones base, de tal modo que varias de ellas programen sub-tramas vacías simultáneamente.

- 5 Uno de los parámetros principales usados para controlar el proceso de recogida es el valor mínimo de la señal interferente recibida en la BS2 que se requiere para recoger la huella digital de RF reportada por la estación base interferente.

Fase de cancelación:

- 10 Finalmente, la fase de cancelación se activa cuando se considera que un UE conectado a la estación base está fuertemente interferido (esto puede ser determinado fácilmente por la estación base, cuando se contrasta el nivel de señal recibido con su calidad, y el procedimiento de soporte no es parte de la invención propuesta). A continuación, la estación base puede identificar cuáles son las estaciones base candidatas que más probablemente provocan la interferencia (esto no se requiere estrictamente si el número de interferentes potenciales es relativamente bajo).
15 Para estos fines, la invención puede implementar un proceso separado, que clasificaría la probabilidad de que las estaciones base en el Grupo de IC de RF sean la más interferente.

- 20 El proceso de clasificación se puede basar en una función de coste que tiene en cuenta toda la información que está disponible en la estación base receptora o en un proceso heurístico. El factor básico en la función sería la similitud de la interferencia estimada con respecto a las huellas digitales almacenadas en la fase de compilación. El proceso para estimar la interferencia se representa en la figura 7.

- 25 Como alternativa, otra opción es que la estación base use las sub-tramas / RB del enlace ascendente (UL) no programados para medir la interferencia y compararla con las huellas digitales de RF con el fin de determinar a qué estación base está conectada el UE interferente principal.

- 30 A continuación, una vez que se ha cumplido la condición de alta interferencia, la estación base envía un mensaje de Solicitud de Cancelación de RF a las estaciones base a las que están conectados los UE potencialmente interferentes. Este mensaje indica la periodicidad con la que se deberían enviar las huellas digitales de RF (una por cada sub-trama o con una frecuencia menor). La estación base interrogada puede aceptar o rechazar la cooperación, o puede proponer diferentes condiciones a aplicar. La figura 8 ilustra el proceso para las estaciones base que acuerdan cooperar.

- 35 Las huellas digitales de RF son enviadas por las estaciones base cooperantes idealmente cada sub-trama, independientemente de si el UE se está programando o no (la indicación de cuándo el UE potencialmente interferente no está transmitiendo ayudará a verificar que la estación base interrogada es la correcta). La latencia en la que se incurra en el proceso de transmisión debería tan baja como fuera posible (idealmente, menor que 1 ms).

- 40 Basándose en la huella digital de RF reportada, la estación base selecciona la huella digital de RF asociada que es más probable que represente la interferencia. Esta selección puede tener en cuenta otra información reportada por la célula interferente, como la información de localización del UE (si está disponible) o la tasa de éxito de los procesos de IC anteriores (si está almacenada en la base de datos). El mecanismo básico, sin embargo, debería ser la minimización de una medida de la distancia entre la huella digital de RF reportada y las almacenadas en la base de datos de las estaciones base. El resultado de este proceso es una clasificación de huellas digitales probables.
45

- La figura 9 ilustra el proceso que se realiza una vez que se ha seleccionado la huella digital interferente. Una vez que se ha elegido la huella digital de RF que representa la interferencia, la señal interferente se debería generar en el módulo de generación de señales Interferentes. Para estos fines, el módulo genera la respuesta del canal para el enlace entre el UE y las estaciones bases reportantes. Esto se puede hacer convolucionando el canal muestreado reportado por la matriz de DFT. La respuesta del canal H_1 y la muestra reportada de la señal recibida en el dominio de la frecuencia Y_1 se usan a continuación para obtener una estimación de la señal de entrada original en el dominio de la frecuencia X_1 .
50

- 55 X_1 se convoluciona a continuación por la respuesta del canal de la huella digital de RF seleccionada H_2 , con el fin de obtener una estimación de la señal interferente en el dominio de la frecuencia Y_2 .

- Si se interroga más de una estación base, las diferentes huellas digitales de RF se procesan en el módulo de generación de señales Interferentes para producir una señal de interferencia combinada.
60

El proceso se puede mejorar incluyendo un lazo adicional, donde la demodulación y decodificación de la señal se realiza tanto antes como después de la cancelación de interferencia, con el fin de impedir que la última pueda dar como resultado una pérdida de calidad.

Finalmente, la eficacia del proceso de IC se incorpora al registro o base de datos de huellas digitales de RF con una indicación de la mejora de funcionamiento conseguida con el uso del proceso de cancelación de interferencia. Es muy probable que la invención se haga más eficaz cuando el UE interferente sea estático o tenga una movilidad baja (por ejemplo, cuando esté localizado dentro de un edificio).

- 5 Con el fin de soportar la invención, las capacidades de procesamiento de la estación base se mejoran con la incorporación del registro o base de datos para acumular los pares de huellas digitales de RF. Asimismo, el receptor se modifica para incorporar el proceso de IC propuesto.
- 10 Como se ha explicado anteriormente, se incorporan nuevos mensajes a la interfaz de X2 con el fin de soportar la invención en las tres fases diferentes. Debido a que el X2AP se ha diseñado como un protocolo extensible, no se han previsto mayores problemas para el soporte de los nuevos mensajes y los nuevos elementos de información. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que la invención requiere que el Protocolo de Transporte de X2 se expanda en dos áreas diferentes:
- 15 Los nuevos procedimientos requeridos por la presente invención son específicos de un UE determinado pero no están relacionados con el soporte de la movilidad. Se propone incluir una nueva clase de procedimientos dedicados al soporte de las operaciones del UE, que abarcarían los procedimientos de soporte de la movilidad. Es probable que, con el fin de soportar los procedimientos CoMP, se produzca esta expansión.
- 20 Adicionalmente, la versión real de la capa de IP de transporte de señalización de X2 [TS 36.422 V10.1.0 (06-2011) (Edición 10)] solo soporta la transmisión punto a punto para la distribución del mensaje de X2-AP. La invención se beneficiaría del soporte de los mensajes de multi-difusión.
- 25 Las realizaciones descritas anteriormente se deben entender como unos pocos ejemplos ilustrativos de la presente invención. Será entendido por los expertos en la materia que se pueden realizar diversas modificaciones, combinaciones y cambios en las realizaciones sin apartarse del alcance de la presente invención. En particular, diferentes soluciones parciales en las diferentes realizaciones se pueden combinar en otras configuraciones, cuando sea técnicamente posible.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica, que comprende:
 - 5 - la medición, por una estación base interferida (BS2), de la interferencia del enlace ascendente provocada sobre al menos un dispositivo de usuario interferido (UE2) conectado inalámbricamente a la misma; y
 - la cancelación, por dicha estación base interferida (BS2), de dicha interferencia del enlace ascendente realizando un proceso de cancelación,
- 10 **caracterizado porque** dicho proceso de cancelación se realiza una vez que dicha interferencia del enlace ascendente ha superado un umbral determinado y comprende las siguientes etapas:
 - 15 a) descubrir e identificar al menos una estación base de servicio (BS1) a la cual está conectado inalámbricamente al menos un dispositivo de usuario interferente (UE1) de una pluralidad de dispositivos de usuario interferentes;
 - b) solicitar a dicha al menos una estación base de servicio descubierta e identificada (BS1) las huellas digitales de RF de los uno o más dispositivos de usuario interferentes servidos por la misma y usar los mismos bloques de recursos de frecuencia (RB) de dicha estación base interferida (BS2), almacenándose las huellas digitales de RF e incluyendo una medida de la respuesta de frecuencia compleja del canal de radio entre los uno o más dispositivos de usuario interferentes y la estación base;
 - 20 c) recibir, como resultado de dicha solicitud, al menos la huella digital de RF de dicho al menos un dispositivo de usuario interferente (UE1);
 - d) consultar dicha huella digital de RF recibida en un registro que incluye información con respecto a varias huellas digitales de RF de otros dispositivos de usuario y al menos información con respecto al nivel de interferencia causado sobre dicha estación base interferida (BS2) cuando no está siendo servida por la misma;
 - 25 e) seleccionar, como resultado de dicha consulta, la huella digital de RF más similar a la recibida y tomar la información del nivel de interferencia asociado con la misma; y
 - f) usar dicha información tomada del nivel de interferencia para la realización de dicha cancelación de dicha interferencia del enlace ascendente.
- 30 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además almacenar las huellas digitales de RF solicitadas de los uno o más dispositivos de usuario interferentes y actualizar dicho registro.
- 35 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha medición se realiza durante periodos de reposo de dicha estación base interferida (BS2).
- 40 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha solicitud se realiza por medio del envío de un mensaje a través de al menos una interfaz de X2 mejorada.
- 45 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha solicitud se realiza por medio de un procesamiento de banda base centralizado.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que dicho mensaje enviado incluye un número de trama y de sub-trama de la información con respecto al nivel de interferencia y de los bloques de recursos de frecuencia (RB) usados.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho mensaje se envía o bien en un modo de difusión o bien en un modo selectivo.
- 50 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho descubrimiento e identificación de la al menos una estación base de servicio potencialmente interferente (BS1) se realiza periódicamente cada cierto periodo de tiempo.
9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las huellas digitales de RF están compuestas por un conjunto de características de la capa 1 de la conexión del enlace ascendente, siendo dicho conjunto de características de la capa 1 al menos una estimación del canal de radio de dicho al menos un dispositivo de usuario interferente (UE1) y cada una de dichas estaciones base (BS1 y BS2), la información con respecto al nivel de interferencia en la estación base interferida (BS2), el adelanto de temporización aplicado (TA) del al menos un dispositivo de usuario interferente (UE1) o la modulación y codificación programadas.
- 55 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichas huellas digitales de RF se pre-procesan al menos comprimiendo sus datos de información antes de almacenarse.
- 60 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dichas huellas digitales de RF almacenadas incluyen una medida de la respuesta de frecuencia del canal de radio.

- 5 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dichas huellas digitales de RF almacenadas incluyen además un conjunto de métricas del canal de radio, siendo dicho conjunto de métricas al menos una de un adelanto de temporización, una información de localización a partir de unos datos de GPS del dispositivo de usuario, reportes que contienen datos procedentes de otras RAT proporcionados por el dispositivo de usuario o reportes de información que contienen las señales WiFi recibidas por el dispositivo de usuario.
- 10 13. Un sistema para la cancelación de interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica, que comprende una estación base interferida y un dispositivo de usuario interferido, que comprende, en dicha estación base interferida (BS2), medios de medición y procesamiento para la realización de una medida de la interferencia del enlace ascendente provocada sobre dicho al menos un dispositivo de usuario interferido (UE2) conectado inalámbricamente a la misma y para la realización de un proceso de cancelación, **caracterizado porque** está configurado para implementar el método de la reivindicación 1 por medio de dicho medio de procesamiento y de una memoria accesible por el mismo y que almacena dicho registro.
- 15 14. Un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en un ordenador, se configuran para realizar las etapas del método de la reivindicación 1 para cancelar la interferencia del enlace ascendente en una red inalámbrica.

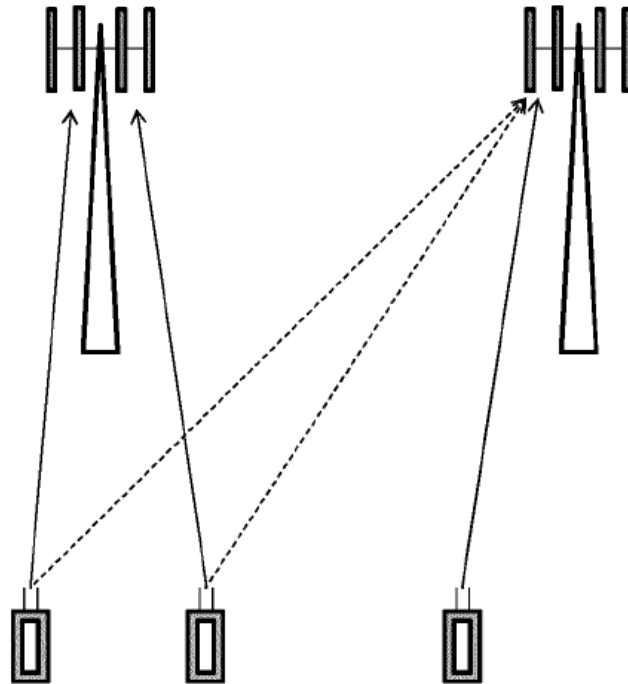


FIG.1

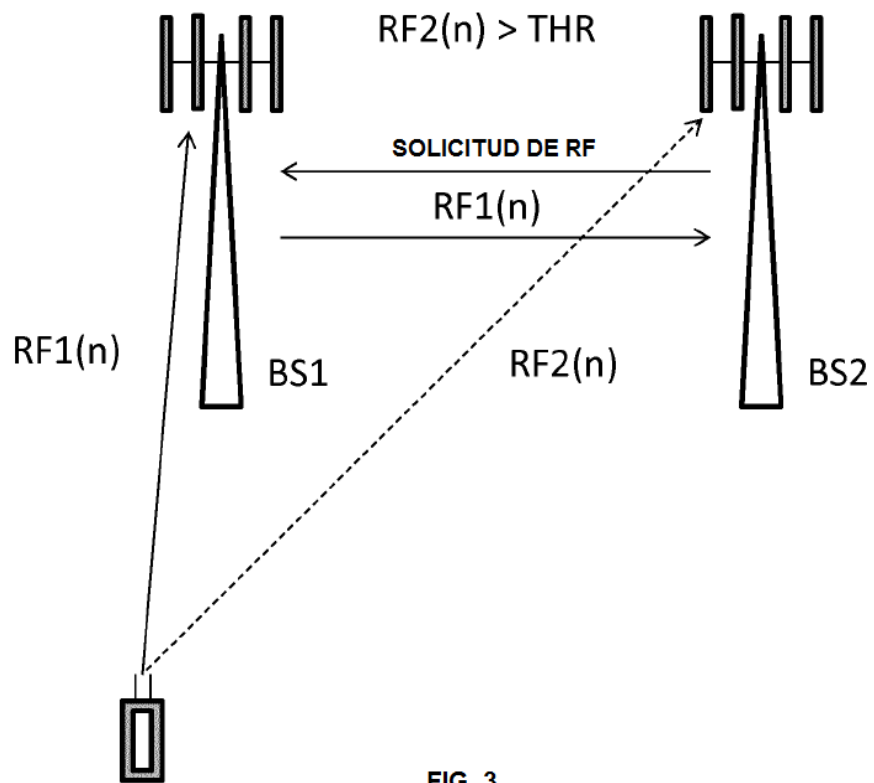


FIG. 3

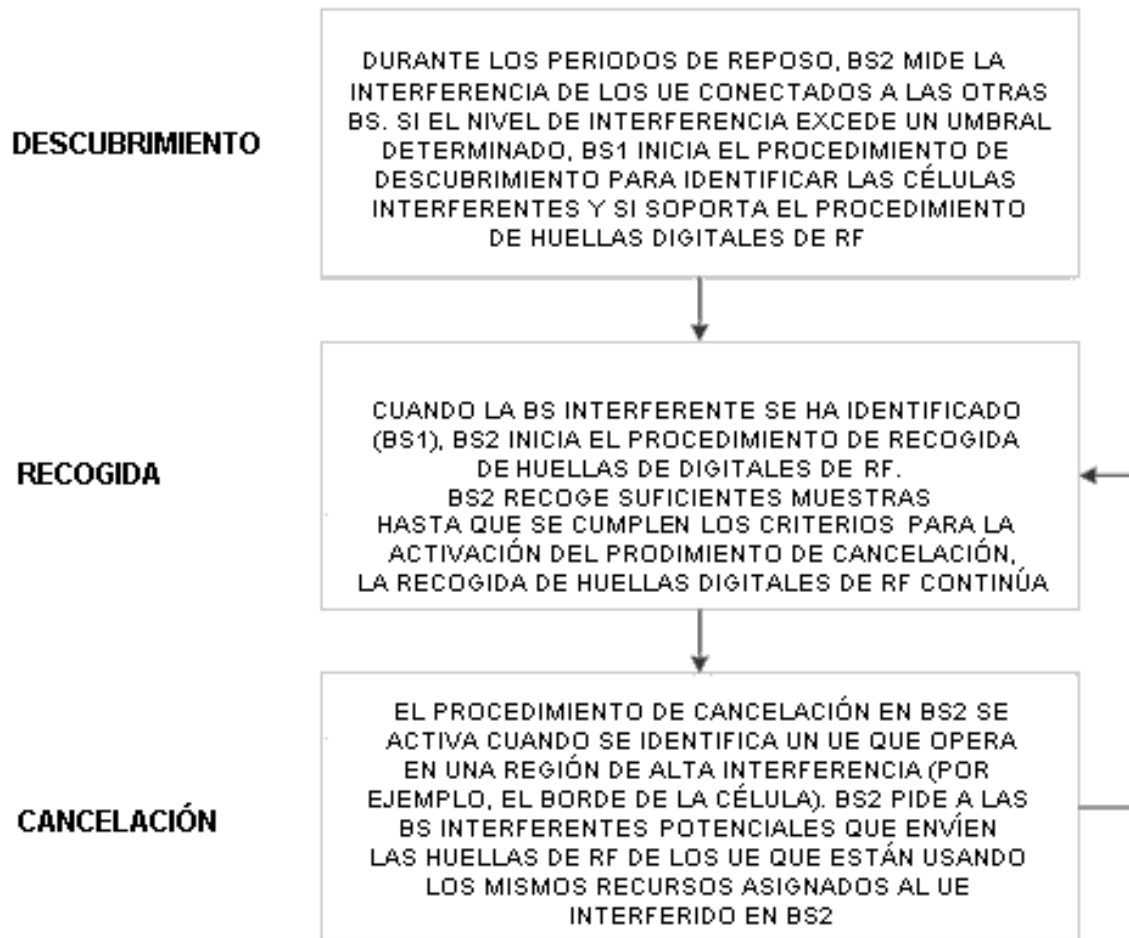


FIG. 2

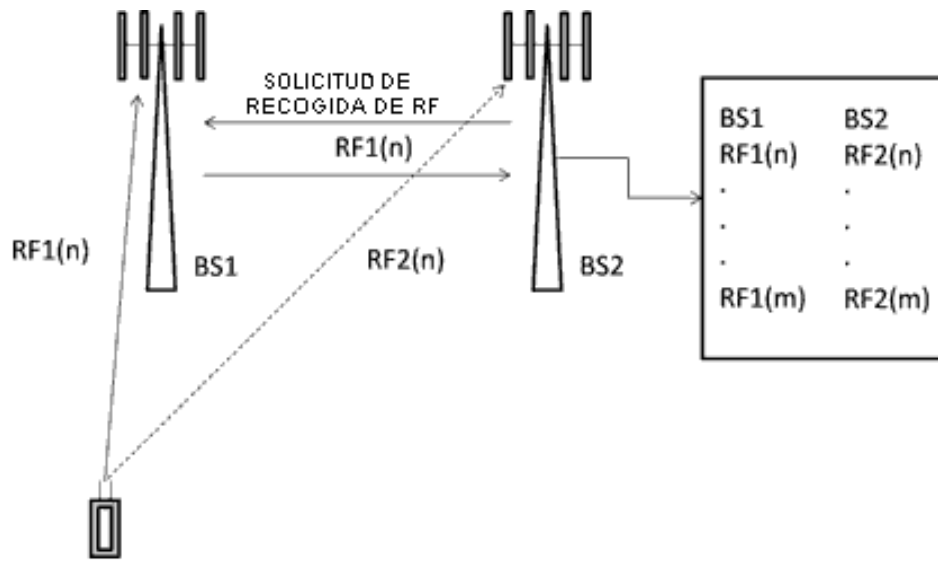


FIG. 4

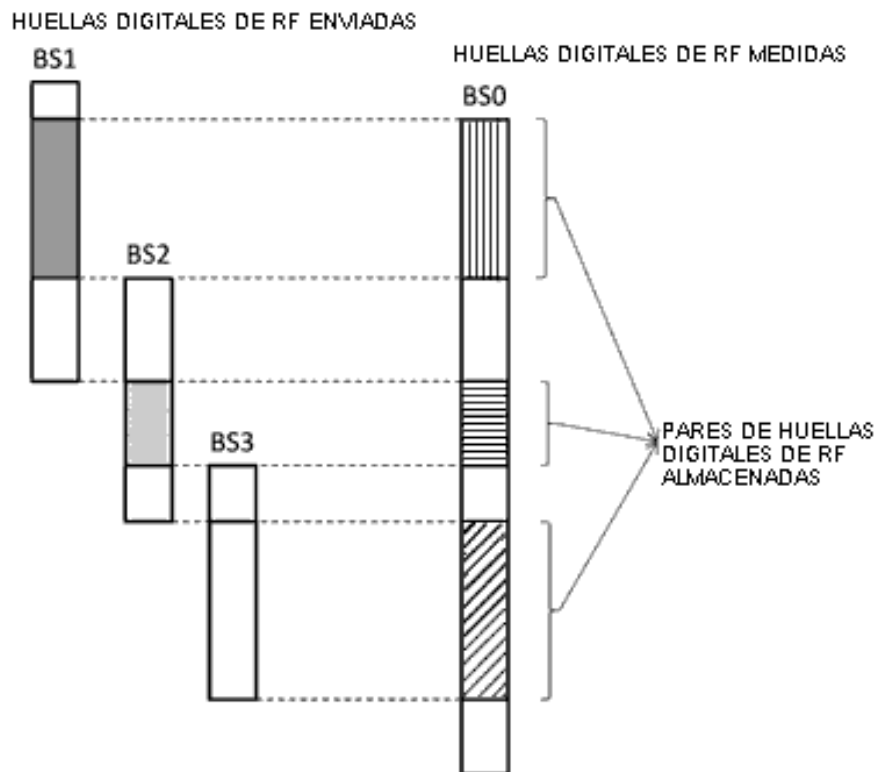


FIG. 6

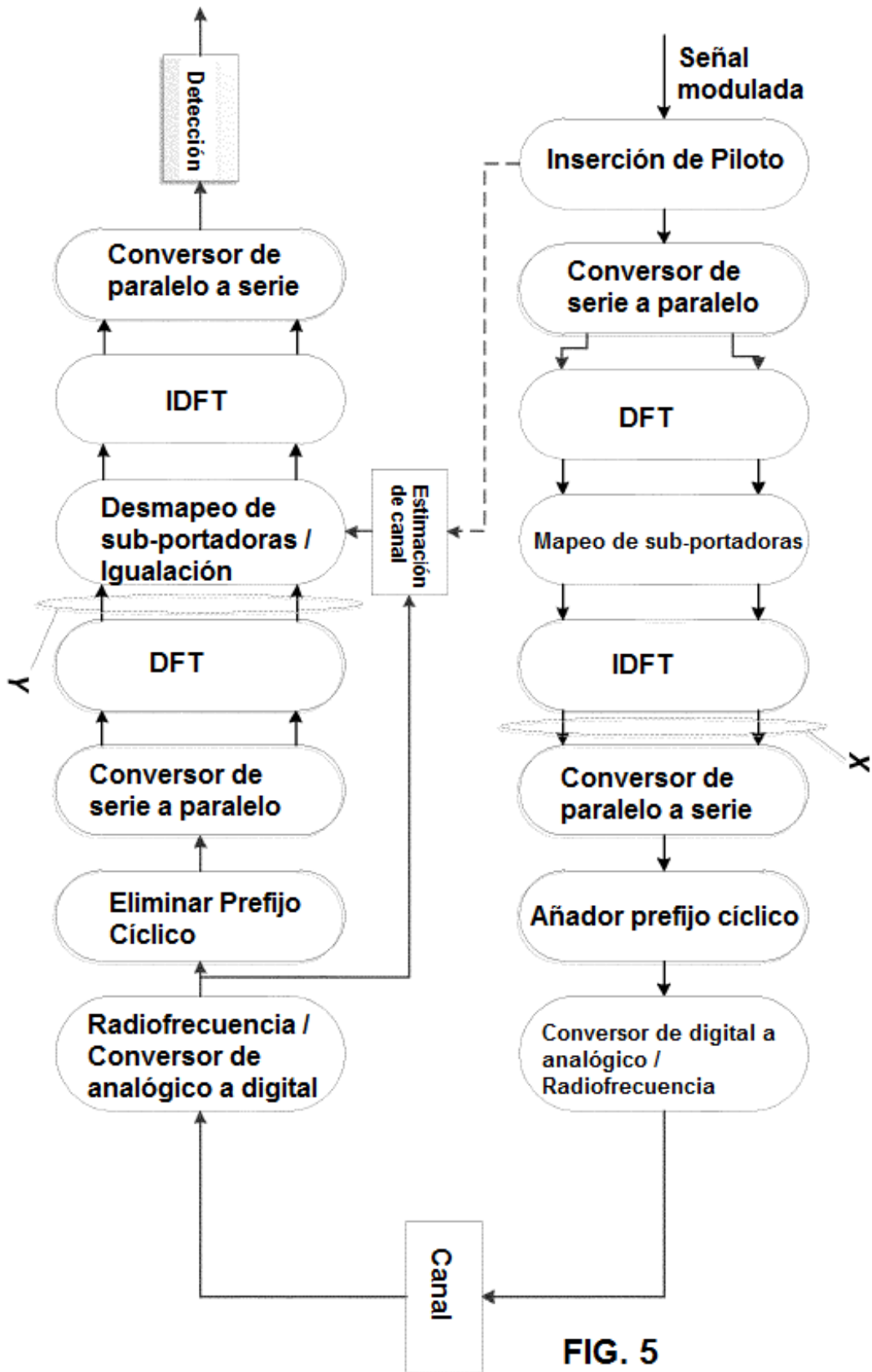


FIG. 5

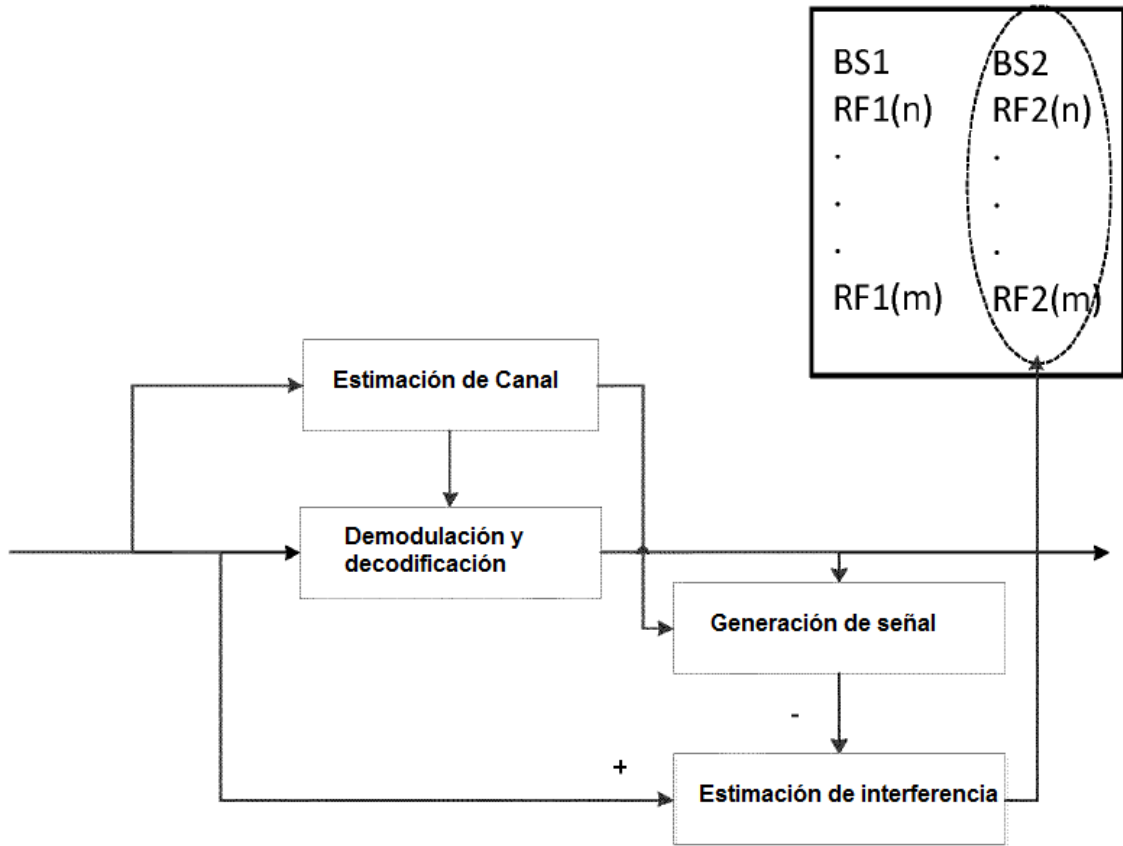


FIG. 7

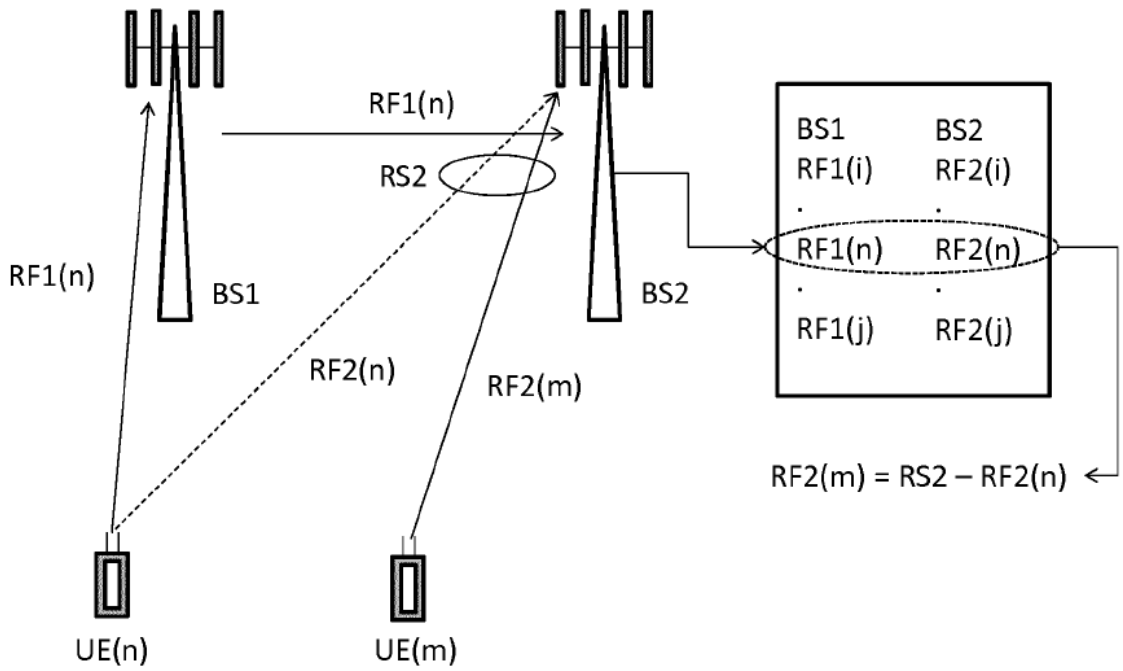


FIG. 8

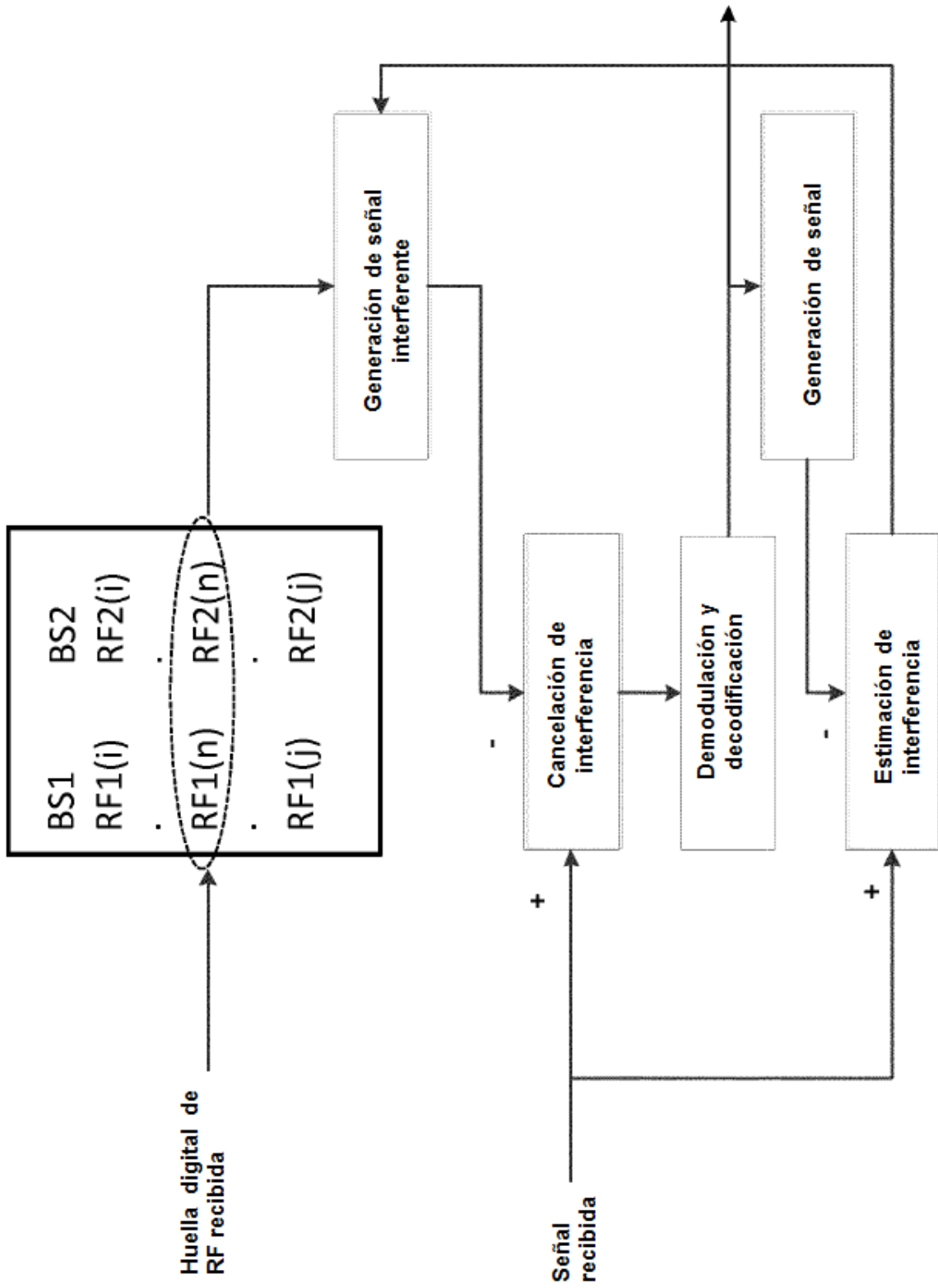


FIG. 9

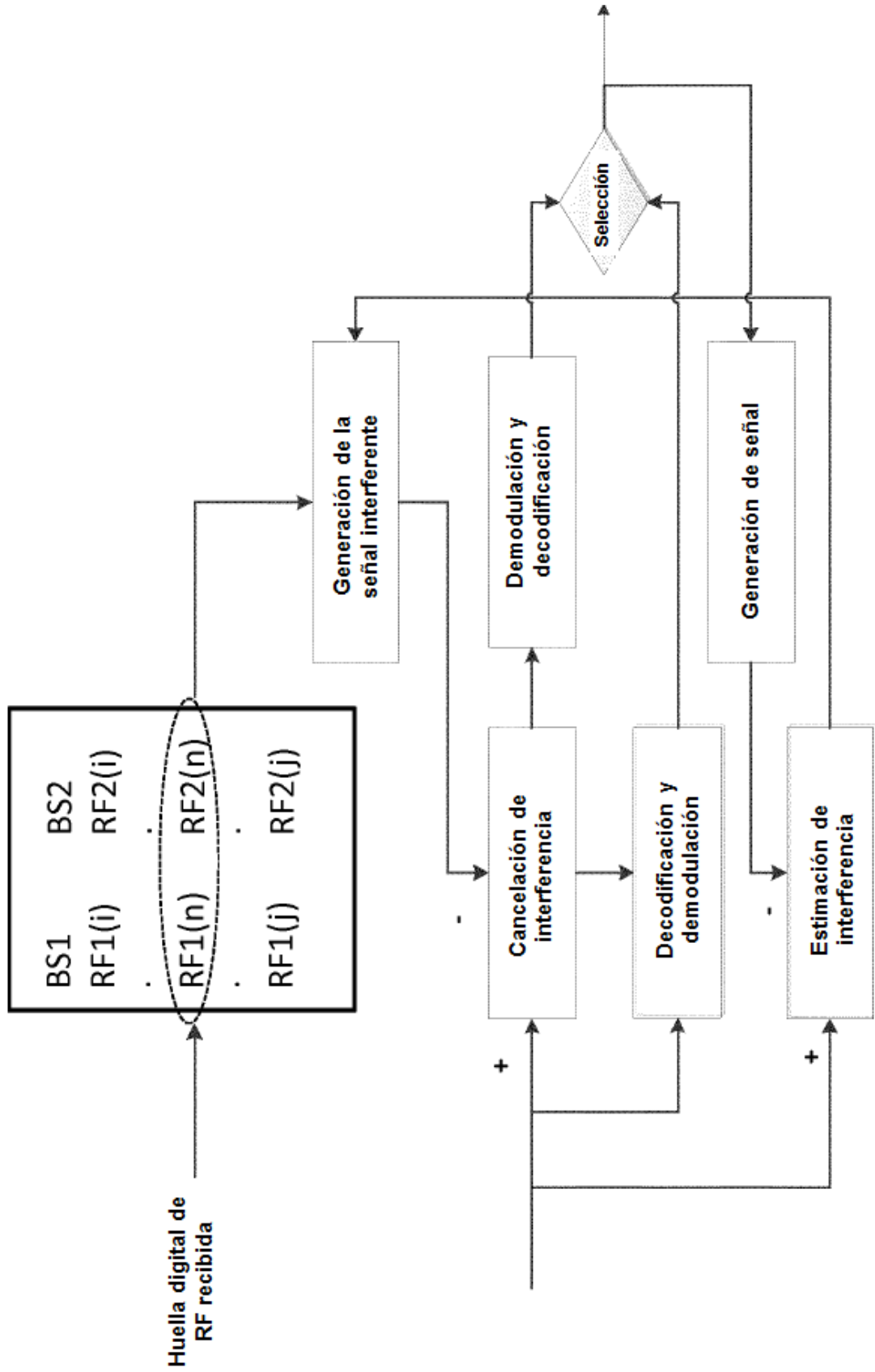


FIG. 10