

Bogotá D.C., 2 de octubre de 2018

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

Ciudad

Referencia: Respuesta al Oficio N° 8297 del Expediente No. NC2017/0011280
Solicitud de patente de invención

Yo, **CESAR AUGUSTO HERNANDEZ SUAREZ**, identificado como aparece al pie de mi firma, domiciliado en la Carrera 56A No. 130A - 86, casa 55, obrando en calidad de solicitante de la patente de la referencia, en respuesta al oficio No. 8297, relacionado con concepto técnico de fondo, me permito indicar que renuncio al término legal otorgado por el artículo 45 de la Decisión 486 y se solicita al señor examinador proceder con la evaluación de la presente respuesta a dicho artículo antes del cumplimiento de los 60 días de plazo que me otorga el artículo 45 para tal fin. Adicionalmente me permito informar lo siguiente:

1. Examen de fondo:

“Modificaciones presentadas (Art. 34 D 486 y Art. 19, 22 y 34 PCT):

Las modificaciones de las reivindicaciones 1 y 2 del Radicado N° NC2017/0011280 del 8 de enero de 2018, no son aceptadas porque mencionan que la predicción del tiempo de disponibilidad del canal es realizada a través de "modelos de series de tiempo autoregresivos, de promedios móviles, autorregresivos de promedios móviles y autoregresivos integrados de promedios móviles" (Reivindicación 1) y además mencionan que se realiza la "asignación de la frecuencia seleccionada al usuario que realizó la solicitud del recurso espectral." (Reivindicación 2), estas características no habían sido considerados inicialmente, por lo cual amplían el objeto de la solicitud. En las reivindicaciones iniciales del Radicado N° NC2017/0011280 del 1 de noviembre de 2017 únicamente se menciona que la predicción del tiempo de disponibilidad del canal es realizada a través "modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles" (Reivindicación 1) y no se menciona el paso de asignar la frecuencia seleccionada al usuario (Reivindicación 2), por lo que, como se dijo anteriormente amplían el objeto de la solicitud inicial.

Toda vez que en los modelos autorregresivos la señal de salida depende linealmente de sus valores anteriores, por otro lado, en los modelos de promedios móviles la señal de salida depende linealmente del valor actual y de valores anteriores de un término estocástico o de error, finalmente, en los modelos autorregresivos integrados de promedios móviles la variable de interés está en función de los valores anteriores de la misma, valores actuales y anteriores de un componente de error y tiene en cuenta las variaciones de los datos a lo largo del tiempo."

Solicitante:

La evolución de fondo de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), menciona que existe ampliación de materia en el capítulo reivindicatorio del Radicado N° NC2017/0011280 del 8 de enero de 2018, debido a lo siguiente:

- En la reivindicación 1 del Radicado N° NC2017/0011280 del 8 de enero de 2018, además de los modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles, utilizados para la predicción del tiempo de disponibilidad del canal, se adicionan los modelos: (1) modelos de series de tiempo autoregresivos, (2) de promedios móviles y (3) autorregresivos de promedios móviles.
- En la reivindicación 2 del Radicado N° NC2017/0011280 del 8 de enero de 2018, se adiciona la "asignación de la frecuencia seleccionada al usuario que realizó la solicitud del recurso espectral".

Con respecto a la segunda, debo mencionar que la misma no es una ampliación de materia, toda vez que dicha actividad esta mencionada en el último párrafo del capítulo de "descripción detallada de la invención" (pagina 7) del Radicado N° NC2017/0011280 del 1 de noviembre de 2017, el cual dice textualmente:

*“Finalmente, la unidad de selección adaptativa (24) le transmite a la unidad de control (6) **la oportunidad espectral más adecuada** proporcionada a través de la unidad de asignación espectral seleccionada. **La unidad de control (6) transmite la información al usuario (9) que solicitó el recurso espectral para que inicie su comunicación inalámbrica de forma efectiva.**”*

Sin embargo, dado que el mismo resulta una etapa obvia en el proceso de selección de la oportunidad espectral, no se agregó nuevamente.

Con respecto a la primera, aunque los modelos autoregresivos integrados de promedios móviles integran a los modelos (1) autoregresivos, (2) de promedios móviles y (3) autorregresivos de promedios móviles. Comparto el concepto del examinador de fondo dado que la característica de integración de los modelos autoregresivos integrados de promedios móviles les permite modelar series de tiempo no estacionarias, cuya capacidad no la tiene ninguno de los otros tres modelos (autoregresivos, de promedios móviles y autorregresivos de promedios móviles).

2. Examen de fondo:

“De la solicitud de patente - Reivindicaciones (Art. 30 D 486, Art. 22 PCT):

- Las expresiones de las Reivindicaciones 1 y 2 “(...) selección de la mejor oportunidad espectral (...)”, Reivindicaciones 1 y 2 “(...) la mejor oportunidad espectral (...)”, Reivindicaciones 1 y 2 “(...) comportamiento normal (...)”, Reivindicaciones 1 y 2 “(...) patrón de comportamiento del tráfico (...)”, Reivindicaciones 1 y 2 “(...) nivel de tráfico actual (...)”, son relativas, por lo cual no permiten distinguir la invención del estado de la técnica. Se sugiere sustituirlas por un término o rango concreto.
- La Reivindicación 2 utiliza la expresión “(...) Para seleccionar la mejor oportunidad espectral.”, que corresponde a un resultado a alcanzar y no define al método, puesto que la reivindicación incluiría no sólo la solución propuesta por el solicitante, sino todas las alternativas presentes o futuras que lleguen a ese resultado. Se sugiere reemplazarlo por las características esenciales, estructurales o funcionales, que contribuyen a la obtención de ese efecto.
- Las reivindicaciones 1 y 2, no son claras debido a que poseen términos generales que no permiten establecer un concepto suficiente de la invención que se está reclamando. Estos términos se describen a continuación: Reivindicación 1 “(...) obtener el valor del peso de cada uno de los criterios (...)”, Reivindicación 2 “(...) determinar el valor del peso de cada uno de los criterios (...)”. Se sugiere hacer la aclaración respectiva.
- La expresión de la Reivindicación 2 “(...) algoritmo (...)”, se considera materia no patentable. Se sugiere eliminar dicha expresión y/o modificarla adecuadamente.”

Solicitante:

Con fundamento en la facultad que confiere el artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial las siguientes modificaciones al capítulo reivindicatorio:

- Se modificó la reivindicación 1 y 2 en aras de sustituir el término "selección de la mejor oportunidad espectral" por "selección de la oportunidad espectral más adecuada".
- Se modificó la reivindicación 1 y 2 en aras de sustituir el término " la mejor oportunidad espectral" por "la oportunidad espectral más adecuada".
- El término “comportamiento normal” en las reivindicaciones 1 y 2, hace referencia a la distribución de probabilidad normal. Es decir, que se realiza un análisis de los datos almacenados en la memoria SD a través de una distribución de probabilidad normal de los mismos.

- El termino “patrón de comportamiento del tráfico” en las reivindicaciones 1 y 2, como su nombre lo dice, hace referencia al modelo de comportamiento del tráfico. De acuerdo con la naturaleza del tráfico, el espacio y el tiempo, este puede mostrar diversos patrones, algunos de los cuales pueden ser identificados y modelados, permitiendo realizar predicciones sobre el mismo.
- El término “nivel de tráfico actual” en las reivindicaciones 1 y 2, como su nombre lo dice, hace referencia a la cantidad de tráfico de la red que se está transmitiendo en el momento de realizar la selección adaptativa. Este nivel de trafico es dinámico y puede variar con el espacio-tiempo, por tal razón, se dotó a la presente invención con la unidad/etapa de “selección adaptativa”, la cual de acuerdo con el nivel de trafico actual y otras variables, selecciona el método de asignación que permitirá seleccionar la oportunidad espectral mas adecuada.
- Se modificó la reivindicación 2, en aras de eliminar la expresión “Para seleccionar la mejor oportunidad espectral”.
- El término “obtener el valor del peso de cada uno de los criterios”, en la reivindicación 1, es común en los modelos de toma de decisiones con múltiples criterios, y hace referencia a la cuantificación de la importancia de cada uno de los criterios involucrados en el modelo, dicho peso siempre es un valor entre 0 y 100%, que también se puede expresar de forma absoluta con un rango de valores entre 0 y 1, y la suma de todos los pesos debe ser igual a la unidad o 100%. Ahora, si la inquietud es con respecto al proceso para determinar dichos pesos, la reivindicación menciona que lo realiza a través de un análisis de comportamiento normal.
- El término “determinar el valor del peso de cada uno de los criterios”, en la reivindicación 2, es común en los modelos de toma de decisiones con múltiples criterios, y hace referencia a la cuantificación de la importancia de cada uno de los criterios involucrados en el modelo, dicho peso siempre es un valor entre 0 y 100%, que también se puede expresar de forma absoluta con un rango de valores entre 0 y 1, y la suma de todos los pesos debe ser igual a la unidad o 100%. Ahora, si la inquietud es con respecto al proceso para determinar dichos pesos, la reivindicación menciona que lo realiza a través de un análisis de comportamiento normal.
- Se modificó la reivindicación 2 en aras de eliminar el término "algoritmo".

Respecto a este punto, el solicitante manifiesta que mediante las modificaciones realizadas en el capítulo reivindicatorio queda subsanada la totalidad de objeciones presentadas, de acuerdo con la reunión sostenida con el señor examinador.

En cuanto a estas modificaciones, me permito decir que las mismas no amplían de ninguna manera la materia objeto de la presente solicitud y se realizaron con el ánimo de superar las objeciones de claridad y nivel inventivo, planteadas por el examinador en su examen de fondo.

En cuanto al número de reivindicaciones, me permito decir que no se paga tasa por reivindicaciones adicionales, toda vez que el nuevo pliego tiene tan solo 2 cláusulas.

3. Examen de fondo:

“Examen de Patentabilidad (Art. 14 D486) - Nivel Inventivo (Art 18 D486):

La reivindicación 1 consiste en: “Un aparato para la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva, caracterizado por que comprende: (...)” (Radicado N° NC2017/0011280 del 1 de noviembre de 2017).

TABLA 1. Comparación de las características técnicas esenciales, con las del estado de la técnica:
 (D1: Tesis: "Modelo de asignación multicanal para la movilidad espectral en redes de radio cognitiva",
 abril de 2015.
 D2: US20120163309: "Method and apparatus for bandwidth allocation for cognitive radio networks",
 junio 28 de 2012.)

Características esenciales	D1	D2
...	...	...
Una unidad de asignación espectral predictiva (18) que recibe la información de la mejor oportunidad espectral de parte del módulo de asignación realimentada y a partir de la información en el tiempo, almacenada en la memoria SD (7), correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autorregresivos integrados de promedios móviles.	La oportunidad espectral con la mejor evaluación final es la seleccionada para realizar la transmisión de los datos del SU. Posteriormente, el bloque de realimentación transfiere el valor de PS a LS y actualiza el valor de AS de acuerdo con el nuevo valor de LS. Si la oportunidad espectral seleccionada finalmente, se encuentra ocupada, el algoritmo FFAHP sobrescribe el valor de LS en cero para la respectiva oportunidad espectral. (Hernandez et al., 2016) (Pág. 65, Párr. 2). Para determinar los valores de α y β, se realizó un análisis experimental autoregresivo con diferentes combinaciones de α y β, para un conjunto de datos predeterminado. Se tomaron los valores de α y β para los cuales la precisión en la selección de la oportunidad espectral fue más alta. Dichos valores corresponden a $\alpha=0.60$ y $\beta=0.35$, con una precisión experimental del 87%. (Hernandez et al., 2016) (Pág. 65, Párr. 3).	No se menciona.
...	...	...
Una unidad de selección adaptativa (24) encargada de seleccionar cuál de las tres unidades de asignación espectral es la más adecuada, de acuerdo con los requerimientos del usuario (9) y las características del ambiente de radio (4), a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario (9), la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual.	Para resolver tal pregunta de investigación, se plantea como hipótesis, el uso de la asignación multicanal, para enviar la información por medio de varios canales, aumentando el ancho de banda de la trasmisión, pero teniendo en cuenta el uso del criterio Fairness para realizar una asignación equitativa de los recursos disponibles entre todos los SU de acuerdo con el tipo de aplicación (RT o BE) (Pág. 17, Párr. 3). El simulador desarrollado fue una adaptación de (Hernandez & Giral, 2015) para asignaciones de múltiples canales con criterio de equidad. Dicha adaptación produjo un simulador de gran valor agregado, al permitir la interacción de múltiples SU en lugar de uno solo, cuya estructura básica está representada por la Figura 3-7 (Pág. 72, Párr. 2).	

	El modelo tiene como datos de entrada, una matriz con datos de ocupación espectral para las bandas de frecuencia GSM, realizando una diferenciación importante en cuanto al nivel de tráfico. Tal diferenciación se refiere al volumen de información y ocupación mostrada en cada uno de los canales, obteniendo datos de trafico alto y datos de trafico bajo (...) (Pág. 72, Párr.3). La entrada denominada tipo de demanda se refiere a diferentes tipos de demanda por parte de los SU. Tal tipo de demanda se clasifica en 4 escenarios: Demanda A (Sobreasignación), Demanda B (Sobreasignación leve), Demanda C (Con reducción de AB) y Demanda D (Con pérdida de atención), como se ha explicado anteriormente. Lo anterior para evaluar el desempeño de la asignación de recursos en diferentes ambientes de radio (Pág. 73, Párr. 3).	
--	--	--

El documento D1 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 1 porque divulga un modelo de asignación múltiple de canales que permite aprovechar de forma más eficiente las oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva. El esquema desarrollado permite realizar la asignación de varios canales de frecuencia contiguos y disponibles, a los usuarios secundarios que requieran un mayor ancho de banda, bajo un ambiente de equidad (Resumen).

La diferencia entre la invención, definida en la reivindicación 1 y el modelo de D1 consiste en que en el aparato de la reivindicación 1 incluye un controlador y una memoria SD.

El efecto que logra la inclusión de un controlador y una memoria SD es coordinar la asignación de oportunidades espectrales y almacenar toda la información de dicho proceso.

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: “¿cómo modificar el modelo conocido en D1 para coordinar la asignación de oportunidades espectrales y almacenar toda la información de dicho proceso?”.

Sin embargo, la inclusión de un controlador y una memoria SD es coordinar la asignación de oportunidades espectrales y almacenar toda la información de dicho proceso, ya está divulgada en el documento D2 que se refiere a que el CMF (310) es el controlador de recursos central responsable de administrar los recursos de radio y asignarlos de manera eficiente a cada uno de los clientes o dispositivos de DSM como las estaciones de servicio (332), (334), (342), (344) y (346) y puntos de acceso como AP (330) y (340) (Pág. 5, Párr. 0065) y a que el procesador (118) puede acceder a información desde y almacenar datos en cualquier tipo de memoria adecuada, tal como la memoria (106) no extraíble y / o la memoria (132) extraíble. (...) La memoria extraíble 132 puede incluir una tarjeta de módulo de identidad de abonado (SIM), una tarjeta de memoria, una tarjeta de memoria digital segura (SD) y similares. En otras realizaciones, el procesador (118) puede acceder a información desde, y almacenar datos en, una memoria que no está físicamente ubicada en la WTRU (102), tal como en un servidor o una computadora doméstica (no mostrada) (Pág. 3, Párr. 0042).

En consecuencia, la persona del oficio normalmente versada en la materia, incluiría un controlador y una memoria SD para coordinar la asignación de oportunidades espectrales y almacenar toda la información de dicho proceso mencionados en el documento D2 en el modelo divulgado en el documento D1 para llegar así al objeto de la reivindicación 1 de la solicitud. Por lo cual se considera obvia.

La reivindicación 2 consiste en: “Un método para la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva, que comprende las etapas de: (...)” (Radicado N° NC2017/0011280 del 1 de noviembre de 2017).

TABLA 2. Comparación de las características técnicas esenciales, con las del estado de la técnica: (D1: Tesis: "Modelo de asignacion multicanal para la movilidad espectral en redes de radio cognitiva", abril de 2015. D2: US20120163309: “Method and apparatus for bandwidth allocation for cognitive radio networks”, junio 28 de 2012.)

Características esenciales	D1	D2
...	...	...
Asignación espectral predictiva que recibe la información de la mejor oportunidad espectral de la asignación espectral realimentada, y a partir de la información almacenada en la primera memoria SD, correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles.	La oportunidad espectral con la mejor evaluación final es la seleccionada para realizar la transmisión de los datos del SU. Posteriormente, el bloque de realimentación transfiere el valor de PS a LS y actualiza el valor de AS de acuerdo con el nuevo valor de LS. Si la oportunidad espectral seleccionada finalmente, se encuentra ocupada, el algoritmo FFAHP sobrescribe el valor de LS en cero para la respectiva oportunidad espectral. (Hernandez et al., 2016) (Pág. 65, Párr. 2). Para determinar los valores de α y β, se realizó un análisis experimental autoregresivo con diferentes combinaciones de α y β, para un conjunto de datos predeterminado. Se tomaron los valores de α y β para los cuales la precisión en la selección de la oportunidad espectral fue más alta. Dichos valores corresponden a $\alpha=0.60$ y $\beta=0.35$, con una precisión experimental del 87%. (Hernandez et al., 2016) (Pág. 65, Párr. 3).	No se menciona.
...	...	...
Selección adaptativa encargada de seleccionar cuál de los tres métodos de asignación espectral es el más adecuado, de acuerdo con los requerimientos del usuario y las características del ambiente de radio, a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual.	Para resolver tal pregunta de investigación, se plantea como hipótesis, el uso de la asignación multicanal, para enviar la información por medio de varios canales, aumentando el ancho de banda de la trasmisión, pero teniendo en cuenta el uso del criterio Fairness para realizar una asignación equitativa de los recursos disponibles entre todos los SU de acuerdo con el tipo de aplicación (RT o BE). El simulador desarrollado fue una adaptación de (Hernandez & Giral, 2015) para asignaciones de múltiples canales con criterio de equidad. Dicha adaptación produjo un simulador de gran valor agregado, al permitir la interacción de múltiples SU en lugar de uno solo, cuya estructura básica	

	está representada por la Figura 3-7 (Pág. 72, Párr. 2). El modelo tiene como datos de entrada, una matriz con datos de ocupación espectral para las bandas de frecuencia GSM, realizando una diferenciación importante en cuanto al nivel de tráfico. Tal diferenciación se refiere al volumen de información y ocupación mostrada en cada uno de los canales, obteniendo datos de trafico alto y datos de trafico bajo (...) (Pág. 72, Párr.3). La entrada denominada tipo de demanda se refiere a diferentes tipos de demanda por parte de los SU. Tal tipo de demanda se clasifica en 4 escenarios: Demanda A (Sobreasignación), Demanda B (Sobreasignación leve), Demanda C (Con reducción de AB) y Demanda D (Con pérdida de atención), como se ha explicado anteriormente. Lo anterior para evaluar el desempeño de la asignación de recursos en diferentes ambientes de radio (Pág. 73, Párr. 3).	
--	---	--

El documento D1 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 2 porque divulga un modelo de asignación múltiple de canales que permite aprovechar de forma más eficiente las oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva. El esquema desarrollado permite realizar la asignación de varios canales de frecuencia contiguos y disponibles, a los usuarios secundarios que requieran un mayor ancho de banda, bajo un ambiente de equidad (Resumen).

La diferencia entre la invención, definida en la reivindicación 2 y el modelo de D1 consiste en que en el método de la reivindicación 2 incluye la etapa de almacenar información en una memoria SD.

El efecto que logra la inclusión de la etapa de almacenamiento en una memoria SD es almacenar la información de las señales y resultados del método.

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: “¿cómo modificar el modelo conocido en D1 para almacenar la información de las señales y resultados del método?”.

Sin embargo, la inclusión de la etapa de almacenamiento en una memoria SD para almacenar la información de las señales y resultados del método, ya está divulgada en el documento D2 que se refiere a que el procesador (118) puede acceder a información desde y almacenar datos en cualquier tipo de memoria adecuada, tal como la memoria (106) no extraíble y / o la memoria (132) extraíble. (...) La memoria extraíble 132 puede incluir una tarjeta de módulo de identidad de abonado (SIM), una tarjeta de memoria, una tarjeta de memoria digital segura (SD) y similares. En otras realizaciones, el procesador (118) puede acceder a información desde, y almacenar datos en, una memoria que no está físicamente ubicada en la WTRU (102), tal como en un servidor o una computadora doméstica (no mostrada) (Pág. 3, Párr. 0042).

En consecuencia, la persona del oficio normalmente versada en la materia, incluiría la etapa de almacenamiento en una memoria SD para almacenar la información de las señales y resultados del método mencionada en el documento D2 en el modelo divulgado en el documento D1 para llegar así al objeto de la reivindicación 2 de la solicitud. Por lo cual se considera obvia.”

Solicitante:

- Con respecto a la característica esencial *“Una unidad de asignación espectral predictiva que recibe la información de la mejor oportunidad espectral de parte del módulo de asignación realimentada y a partir de la información en el tiempo, almacenada en la memoria SD, correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autorregresivos integrados de promedios móviles”* de la reivindicación 1, esta no se ve afectada en su nivel inventivo como lo argumenta la evolución de fondo a través del documento D1, toda vez que lo expuesto por el examinador en la Tabla 1 correspondiente a dicha característica, no menciona en ninguna parte la unidad de asignación espectral predictiva (o predicción), la cual tiene por objetivo principal la predicción del tiempo de disponibilidad espectral de la oportunidad espectral. En su lugar, el examen de fondo compara dicha característica con la unidad de asignación espectral realimentada, que son unidades totalmente diferentes.

La unidad de asignación espectral realimentada utiliza los datos actuales y pasados del ranking de las oportunidades espectrales para determinar el nuevo puntaje actual de la oportunidad espectral. Lo anterior, no tiene ninguna relación con la unidad de asignación espectral predictiva, en la cual se utilizan los datos actuales y pasados de la ocupación o disponibilidad espectral de la oportunidad espectral correspondiente para predecir su tiempo de disponibilidad futura. Por tanto, no son las mismas variables como se mencionó en la reunión sostenida el día 22 de agosto de 2018 a las 10:00am en las instalaciones de la SIC.

Para realizar dicha predicción la unidad de asignación espectral predictiva utiliza modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles (ARIMA), los cuales son diferentes de los clásicos modelos de series de tiempo autoregresivos (AR), de promedios móviles (MA) y autoregresivos de promedios móviles (ARMA), como también lo dijo el examinador. Esto, dado que los modelos ARIMA tienen la capacidad de modelar series de tiempo no estacionarias, lo cual no pueden hacer los modelos AR, MA y ARMA. Esto resulta en una gran desventaja para los tres últimos modelos dado que el tráfico de las redes de comunicaciones actuales evidencia en su mayoría un comportamiento no estacionario. Los modelos ARIMA transforman primero la serie de tiempo a través del método de diferencias o logaritmo, luego identifica los rezagos de importancia a través del análisis de la función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los residuos, posteriormente estima los coeficientes de los parámetros identificados, y finaliza con la validación de estos o el inicio de una nueva iteración. Este proceso difiere mucho de la simple combinación lineal de las tres variables que maneja la unidad de asignación espectral realimentada. Por tanto, este proceso no trabaja en la misma forma como se mencionó en la reunión sostenida el día 22 de agosto de 2018 a las 10:00am en las instalaciones de la SIC.

Coincido con el examen de fondo en que el documento D1 es el estado de la técnica mas cercano a la presente invención definida en la reivindicación 1, sin embargo, difiere en que dicho documento afecta el nivel inventivo, ya que la presente invención describe tres métodos para seleccionar la oportunidad espectral mas adecuada de acuerdo con el tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual, los cuales son: realimentación, predicción y multicanalización, y a través de un proceso de una selección adaptativa que no existe en el estado de la técnica, se determina cual de los tres métodos es el mas adecuado teniendo en cuenta el tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual. Por tanto, de acuerdo con el análisis realizado en el examen de fondo, el documento D1 afecta el proceso realimentado y multicanalización, pero no afecta el proceso predictivo ni la selección adaptativa.

De acuerdo con el párrafo anterior, la diferencia entre la invención definida en la reivindicación 1 y el modelo de D1 no consiste solamente en un controlador y una memoria SD, sino además en una unidad de asignación espectral predictiva y en una unidad de selección adaptativa.

- Con respecto a la característica esencial *“Una unidad de selección adaptativa encargada de seleccionar cuál de las tres unidades de asignación espectral es la más adecuada, de acuerdo con los requerimientos del usuario y las características del ambiente de radio, a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual”* de la reivindicación 1, esta no se ve afectada en su nivel inventivo como lo argumenta el examen de fondo a través del

documento D1, toda vez que lo expuesto por el examinador en la Tabla 1 correspondiente a dicha característica, no menciona en ninguna parte, la unidad de **selección adaptativa** (o proceso de selección adaptativa) de la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con los requerimientos del usuario y las características del ambiente de radio, a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual. En su lugar, el examen de fondo compara dicha característica con la unidad de asignación espectral multicanal, la cual es uno de los tres métodos de selección de la oportunidad espectral (multicanal, realimentada y predictiva), mas no la selección adaptativa de los métodos, la cual con base en varios criterios (requerimientos del usuario, características del ambiente de radio, tipo de aplicación, relación oferta-demanda de canales, patrón de comportamiento del tráfico y nivel de tráfico) selecciona cuál de los tres métodos es el mas adecuado para determinar la oportunidad espectral más adecuada.

La unidad de selección adaptativa determina cuál de los tres métodos es el más adecuado de acuerdo con seis parámetros: (1) requerimientos del usuario (como por ejemplo ancho de banda), (2) características del ambiente de radio (como la relación señal a ruido), (3) tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario (como por ejemplo telemedicina, voz o datos), (4) relación oferta-demanda de canales, (5) patrón de comportamiento del tráfico (permite la predicción o no) y (6) nivel de tráfico actual (alto, medio o bajo). El análisis de cada uno de los seis parámetros anteriores determina si el método mas adecuado para seleccionar la oportunidad espectral es el realimentado, el predictivo o el multicanal. Luego, de que se selecciona uno de los tres métodos, el método seleccionado determina la oportunidad espectral mas adecuada para que el usuario inicie o continúe con su comunicación.

Ahora, el examen de fondo compara la unidad de selección adaptativa con la unidad de asignación espectral multicanal, la cual selecciona la oportunidad espectral mas adecuada de acuerdo con el tipo de aplicación (RT o BE), el nivel de tráfico (alto o bajo) y el tipo de demanda (sobreasignación, sobreasignación leve, con reducción de AB, con perdida de atención). Lo anterior, muestra que la unidad de asignación espectral multicanal a diferencia de la unidad de selección adaptativa, no tiene en cuenta: (1) los requerimientos del usuario, (2) las características del ambiente de radio, y (3) el patrón de comportamiento del tráfico, los cuales son relevantes para seleccionar la oportunidad espectral mas adecuada. Aunque, la unidad de asignación espectral multicanal tiene en cuenta 3 de los 6 parámetros de la unidad de selección adaptativa, no tiene la posibilidad de intercambiar entre diferentes métodos de selección de oportunidades espectrales (como predictivo o realimentado), es decir, no es adaptativa. La simple carencia de un método predictivo hace que dicha unidad de asignación espectral multicanal presente un elevado nivel de interferencia que la unidad de selección adaptativa puede reducir significativamente con el método de predicción ARIMA.

Coincido con el examen de fondo en que el documento D1 es el estado de la técnica más cercano a la presente invención definida en la reivindicación 1, sin embargo, difiero en que dicho documento afecte el nivel inventivo, ya que la presente invención describe tres métodos para seleccionar la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con (1) requerimientos del usuario, (2) características del ambiente de radio, (3) tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, (4) relación oferta-demanda de canales, (5) patrón de comportamiento del tráfico y (6) nivel de tráfico actual, los cuales son: realimentación, predicción y multicanalización, y a través de una unidad de selección adaptativa que no existe en el estado de la técnica, se determina cuál de los tres métodos es el más adecuado teniendo en cuenta los seis parámetros mencionados anteriormente. Por tanto, de acuerdo con el análisis realizado en el examen de fondo, el documento D1 afecta la unidad de asignación espectral realimentada y la unidad de asignación espectral multicanal, pero no afecta la unidad de asignación espectral predictiva ni la unidad de selección adaptativa.

De acuerdo con el párrafo anterior, la diferencia entre la invención definida en la reivindicación 1 y el modelo de D1 no consiste solamente en un controlador y una memoria SD, sino además en una unidad de asignación espectral predictiva y en una unidad de selección adaptativa.

- Con respecto a la característica esencial “Asignación espectral predictiva que recibe la información de la mejor oportunidad espectral de la asignación espectral realimentada, y a partir de la información almacenada en la primera memoria SD, correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles” de la reivindicación 2, esta no

se ve afectada en su nivel inventivo como lo argumenta el examen de fondo a través del documento D1, toda vez que lo expuesto por el examinador en la Tabla 2 correspondiente a dicha característica, no menciona en ninguna parte el proceso de predicción del tiempo de disponibilidad, el cual tiene por objetivo principal la predicción del tiempo de disponibilidad espectral de la oportunidad espectral. En su lugar, el examen de fondo compara dicha característica con el proceso de asignación espectral realimentada, los cuales son totalmente diferentes.

La etapa de asignación espectral realimentada utiliza los datos actuales y pasados **del ranking** de las oportunidades espectrales para determinar el nuevo puntaje actual. Lo anterior, no tiene ninguna relación con la etapa de asignación espectral predictiva, en la cual se utilizan los datos actuales y pasados **de la ocupación o disponibilidad espectral** de la oportunidad espectral correspondiente para predecir su tiempo de disponibilidad futura. Por tanto, no son las mismas variables como se mencionó en la reunión sostenida el día 22 de agosto de 2018 a las 10:00am en las instalaciones de la SIC.

Para realizar dicha predicción la etapa de asignación espectral predictiva utiliza modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles (ARIMA), los cuales son diferentes de los clásicos modelos de series de tiempo autoregresivos (AR), de promedios móviles (MA) y autoregresivos de promedios móviles (ARMA), como también lo dijo el examinador. Esto, dado que los modelos ARIMA tienen la capacidad de modelar series de tiempo no estacionarias, lo cual no pueden hacer los modelos AR, MA y ARMA. Esto resulta en una gran desventaja para los tres últimos modelos dado que el tráfico de las redes de comunicaciones actuales evidencia en su mayoría un comportamiento no estacionario. Los modelos ARIMA transforman primero la serie de tiempo a través del método de diferencias o logaritmo, luego identifica los rezagos de importancia a través del análisis de la función de autocorrelación y autocorrelación parcial de los residuos, posteriormente estima los coeficientes de los parámetros identificados, y finaliza con la validación de estos o el inicio de una nueva iteración. Este proceso difiere mucho de la simple combinación lineal de las tres variables que maneja la etapa de asignación espectral realimentada. Por tanto, este proceso no trabaja en la misma forma, como se mencionó en la reunión sostenida el día 22 de agosto de 2018 a las 10:00am en las instalaciones de la SIC.

Coincidió con el examen de fondo en que el documento D1 es el estado de la técnica más cercano a la presente invención definida en la reivindicación 2, sin embargo, difiere en que dicho documento afecta el nivel inventivo, ya que la presente invención describe tres métodos para seleccionar la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con el tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual, los cuales son: realimentación, predicción y multicanalización, y a través de un proceso de una selección adaptativa que no existe en el estado de la técnica, se determina cuál de los tres métodos es el más adecuado teniendo en cuenta el tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual. Por tanto, de acuerdo con el análisis realizado en el examen de fondo, el documento D1 afecta el proceso realimentado y multicanalización, pero no afecta el proceso predictivo ni la selección adaptativa.

De acuerdo con el párrafo anterior, la diferencia entre la invención definida en la reivindicación 2 y el modelo de D1 no consiste solamente en la etapa de almacenar información en una memoria SD, sino además en la etapa de asignación espectral predictiva y en la etapa de selección adaptativa.

- Con respecto a la característica esencial “Selección adaptativa encargada de seleccionar cuál de los tres métodos de asignación espectral es el más adecuado, de acuerdo con los requerimientos del usuario y las características del ambiente de radio, a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual” de la reivindicación 2, esta no se ve afectada en su nivel inventivo como lo argumenta el examen de fondo a través del documento D1, toda vez que lo expuesto por el examinador en la Tabla 2 correspondiente a dicha característica, no menciona en ninguna parte, la etapa de **selección adaptativa** (o proceso de selección adaptativa) de la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con los requerimientos del usuario y las características del ambiente de radio, a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual. En su lugar, el examen de fondo compara dicha característica con la

etapa de asignación espectral multicanal, la cual es uno de los tres métodos de selección de la oportunidad espectral (multicanal, realimentada y predictiva), mas no la selección adaptativa de los métodos, donde esta última, con base en varios criterios (requerimientos del usuario, características del ambiente de radio, tipo de aplicación, relación oferta-demanda de canales, patrón de comportamiento del tráfico y nivel de tráfico) selecciona cuál de los tres métodos es el más adecuado para determinar la oportunidad espectral más adecuada.

La etapa de selección adaptativa determina cuál de los tres métodos es el más adecuado de acuerdo con seis parámetros: (1) requerimientos del usuario (como por ejemplo ancho de banda), (2) características del ambiente de radio (como la relación señal a ruido), (3) tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario (como por ejemplo telemedicina, voz o datos), (4) relación oferta-demanda de canales, (5) patrón de comportamiento del tráfico (permite la predicción o no) y (6) nivel de tráfico actual (alto, medio o bajo). El análisis de cada uno de los seis parámetros anteriores determina si el método más adecuado para seleccionar la oportunidad espectral es el realimentado, el predictivo o el multicanal, de la siguiente forma: primero determina si la aplicación que requiere ejecutar el usuario es de tiempo-real, si lo es, determina si la relación oferta/demanda es mayor a 1, si lo es, entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la multicanal; si la relación oferta/demanda no es mayor a 1, entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la realimentada. Ahora, si la aplicación que requiere ejecutar el usuario no es de tiempo real, determina si el patrón de tráfico tiene un comportamiento conocido y de fácil modelado, si lo es, entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la predictiva; si el patrón de tráfico no tiene un comportamiento conocido entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la realimentada. Luego, de que se selecciona uno de los tres métodos, el método seleccionado determina la oportunidad espectral más adecuada para que el usuario inicie o continúe con su comunicación.

Ahora, el examen de fondo compara la etapa de selección adaptativa con la etapa de asignación espectral multicanal, la cual selecciona la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con el tipo de aplicación (RT o BE), el nivel de tráfico (alto o bajo) y el tipo de demanda (sobreasignación, sobreasignación leve, con reducción de AB, con pérdida de atención). Lo anterior, muestra que la etapa de asignación espectral multicanal a diferencia de la etapa de selección adaptativa, no tiene en cuenta: (1) los requerimientos del usuario, (2) las características del ambiente de radio, y (3) el patrón de comportamiento del tráfico, los cuales son relevantes para seleccionar la oportunidad espectral más adecuada. Aunque, la etapa de asignación espectral multicanal tiene en cuenta 3 de los 6 parámetros de la etapa de selección adaptativa, no tiene la posibilidad de intercambiar entre diferentes métodos de selección de oportunidades espectrales (como predictivo o realimentado), es decir, no es adaptativa. La simple carencia de un método predictivo hace que dicha etapa de asignación espectral multicanal presente un elevado nivel de interferencia que la etapa de selección adaptativa puede reducir significativamente con el método de predicción ARIMA.

Coincido con el examen de fondo en que el documento D1 es el estado de la técnica más cercano a la presente invención definida en la reivindicación 2, sin embargo, difiero en que dicho documento afecte el nivel inventivo, ya que la presente invención describe tres métodos para seleccionar la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con (1) requerimientos del usuario, (2) características del ambiente de radio, (3) tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, (4) relación oferta-demanda de canales, (5) patrón de comportamiento del tráfico y (6) nivel de tráfico actual, los cuales son: realimentación, predicción y multicanalización, y a través de una etapa de selección adaptativa que no existe en el estado de la técnica, se determina cuál de los tres métodos es el más adecuado teniendo en cuenta los seis parámetros mencionados anteriormente. Por tanto, de acuerdo con el análisis realizado en el examen de fondo, el documento D1 afecta la etapa de asignación espectral realimentada y la etapa de asignación espectral multicanal, pero no afecta la etapa de asignación espectral predictiva ni la etapa de selección adaptativa.

De acuerdo con el párrafo anterior, la diferencia entre la invención definida en la reivindicación 2 y el modelo de D1 no consiste solamente en la etapa de almacenar información en una memoria SD, sino además en una etapa de asignación espectral predictiva y en una etapa de selección adaptativa.

4. Examen de fondo
“Conclusión

Los requisitos de Patentabilidad de la presente solicitud están afectados así:

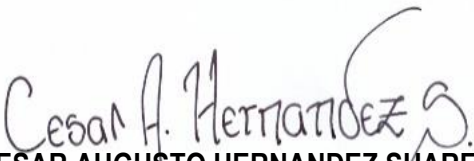
Ítem	Documento	Reivindicaciones afectadas	Requisito que afecta
D1	Tesis	1 y 2	Nivel Inventivo
D2	US20120163309	1 y 2	Nivel Inventivo

Solicitante:
De acuerdo con lo expuesto y argumentado en el punto anterior, los documentos D1 y D2 **NO** afectan el nivel inventivo de la presente solicitud, debido a que carecen de una etapa de asignación espectral predictiva y una etapa de selección adaptativa.

Habiendo atendido cabalmente las objeciones presentadas en el examen de fondo, atentamente solicitamos se conceda el privilegio de patente de invención a la solicitud en estudio o si el examinador considera que subsisten razones para objetar la presente invención ruego expedir otro examen de fondo con los debidos motivos y razones que sustenten su objeción con el fin de tener la posibilidad de exponer sus argumentos con base en la interpretación de los artículos 45 de la Decisión 486 -el cual otorga la facultad al examinador para emitir los exámenes de fondo-, 35 y 59 del Código Contencioso Administrativo que señala que: “habiéndose dado oportunidad a los interesados para expresar sus opiniones, y con base en las pruebas e informes disponibles, se tomará la decisión que será motivada al menos en forma sumaria si afecta a particulares” y “(..) deberá proferirse la decisión definitiva”. Esta se motivará en sus aspectos de hecho y de derecho, y en los de conveniencia si es el caso”, respectivamente.

En consecuencia, solicito a ese despacho pronunciarse en relación con todos los argumentos presentados en este memorial dando estricta aplicación al principio del debido proceso consagrado en el artículo 29 de la Constitución Nacional

Señor Superintendente,


CESAR AUGUSTO HERNANDEZ SUAREZ
C.C. 86.062.285 de Villavicencio
Investigador Senior de Colciencias
Director grupo de investigación SIREC (A1 de Colciencias)
Email: LcTsubasa@gmail.com, Celular: 3112186635

MÉTODO Y APARATO PARA LA SELECCIÓN INTELIGENTE DE OPORTUNIDADES ESPECTRALES EN REDES DE RADIO COGNITIVA

SECTOR TECNOLÓGICO

La presente invención se refiere a un método y aparato que mejora la selección de oportunidades espectrales para los usuarios licenciados o no licenciados, en las redes de radio cognitiva. La selección de una adecuada oportunidad espectral (frecuencia de operación disponible) permite mejorar el desempeño de la movilidad espectral en las redes de radio cognitiva (redes inalámbricas inteligentes), lo cual afecta de forma positiva los parámetros de calidad del servicio de las comunicaciones móviles.

ESTADO DE LA TÉCNICA

La invención ES2245018, expone un procedimiento y aparato para proporcionar una transferencia por software en un sistema de comunicaciones móviles. En dicha invención, la intensidad de cada señal transmitida por las demás estaciones base en comunicación con una estación móvil, se considera al determinar si añadir o no una estación base al conjunto de las estaciones base en comunicación con la estación remota. Se añade una estación base solo si la señal recibida de dicha estación base proporciona un valor añadido suficiente para justificar el impacto en la capacidad del sistema.

De acuerdo con lo anterior, se puede ver claramente que la invención descrita difiere de la presente invención en varios aspectos; primero, en que su enfoque es hacia la transferencia de la señal y no hacia la frecuencia de operación que se utilizará en dicha transferencia. Segundo, el procedimiento se enfoca en la intensidad de las señales transmitidas, mientras que la presente invención se enfoca en varios criterios de decisión como la probabilidad de disponibilidad de la frecuencia de operación, el tiempo medio de disponibilidad, la relación señal a ruido y el ancho de banda, de las frecuencias disponibles.

La invención ES2293960 presenta un método para realizar una transferencia "handover" en un sistema de telecomunicaciones que tiene una estación base de origen y una estación base de destino, en el que una estación móvil especificada establece una conexión con la estación base de origen, estando el método caracterizado por: tras la recepción de un primer informe de mediciones desde la estación móvil especificada, iniciar en la estación base de destino una parte preliminar de una secuencia de handover para la estación móvil especificada, cuya parte preliminar de la secuencia de handover incluye la sincronización del enlace ascendente de radio con respecto a la estación móvil especificada; y posteriormente, tras la recepción de un segundo informe de mediciones desde la estación móvil especificada, iniciar en la estación base de destino otra parte de la secuencia de handover para la estación móvil especificada.

A pesar de que la anterior invención también utiliza varias mediciones para realizar la transferencia, difiere de la presente invención en que no utiliza varios criterios de decisión para determinar cuál es la oportunidad espectral más adecuada y tampoco tiene en cuenta el contexto en el que se desarrolla la investigación ni los requerimientos de los usuarios que necesitan del recurso espectral.

La invención US 6879830B1, describe un método para realizar una transferencia entre una estación móvil y una red. En el caso de un enlace existente, los datos del enlace para el enlace se almacenan en la estación base en cuestión y los recursos de la estación base se mantienen en reserva para el enlace. Cuando se entrega un enlace, los datos del enlace permanecen inicialmente almacenados en la primera estación base y los recursos

de la primera estación base permanecen inicialmente en reserva. En un momento posterior, los datos del enlace se eliminan y los recursos se liberan. Además, se usa un método en el que en el caso de un traspaso, la estación móvil envía a la red una consulta sobre si la red puede soportar el traspaso transfiriendo los datos del enlace desde la primera estación móvil a la segunda estación móvil. Si se informa a la estación móvil que la red no puede soportar el traspaso, la estación móvil pone los datos de enlace a disposición de la segunda estación base.

De acuerdo con lo anterior, la invención descrita difiere de la presente invención en varios aspectos; primero, en que la información de los recursos espectrales es más completa en la presente invención; segundo, que dicha información se almacena por periodos de tiempo más largos para realizar estadísticas a futuro; tercero, la presente invención utiliza varios criterios de decisión para determinar cuál es la oportunidad espectral más adecuada; cuarto, la presente invención a diferencia de la anterior, tiene en cuenta el contexto en el que se desarrolla la investigación y los requerimientos de los usuarios que necesitan del recurso espectral.

Considerando la información anterior, es evidente que existe en el estado de la técnica la necesidad de contar con métodos y aparatos que permitan seleccionar la oportunidad espectral más adecuada, de acuerdo con el contexto en el que se desarrolla la investigación y los requerimientos de la misma. De acuerdo con lo anterior, el método debe tener la capacidad de ser adaptativo y modificar su comportamiento de forma dinámica, de acuerdo con los requerimientos y parámetros de la comunicación.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción y con el objetivo de ayudar a generar una mayor comprensión de las características del invento, se acompaña a esta descripción, de dos dibujos, como parte complementaria de la misma, donde se presenta de manera ilustrativa y no limitativa, las características físicas y funcionales del dispositivo:

Figura 1. Diagrama de bloques funcional del aparato.

Figura 2. Diagrama de procesos del método.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está compuesta por un aparato y un método, ambos enfocados a realizar la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva. Tanto el aparato como el método están fuertemente relacionados y su descripción es prácticamente la misma por lo que, aunque se tienen sendas figuras para el aparato (figura 1) y el proceso (figura 2), solo se realiza la descripción del aparato para no replicar la misma información dos veces.

Antes de iniciar es importante aclarar que una oportunidad espectral, es un recurso espectral disponible en una banda de frecuencia. La oportunidad espectral también se denomina frecuencia disponible, canal disponible, recurso espectral, espacio blanco o hueco espectral.

Las redes de radio cognitiva son la evolución de las redes inalámbricas. Las principales características de la radio cognitiva, que le confieren todas sus capacidades son la capacidad cognitiva y reconfigurabilidad. Sin embargo, las redes de radio cognitiva imponen retos en la gestión del espectro, debido a la naturaleza fluctuante del espectro disponible y a los requerimientos de calidad de servicio de las aplicaciones inalámbricas.

La movilidad de espectro o handoff espectral se puede definir como el proceso en donde un usuario de radio cognitiva cambia su frecuencia de operación, por alguna de varias

razones. De acuerdo con investigaciones recientes la movilidad espectral tiene un impacto significativo en el desempeño de las redes de radio cognitiva y depende en gran medida de la selección de la oportunidad espectral que se realice durante el proceso de decisión espectral.

Cuando no se selecciona adecuadamente la oportunidad espectral o canal disponible, es posible que la transmisión de datos deba pausarse, esto provoca un aumento significativo del retardo que finalmente incide de forma directa en el nivel de desempeño y la calidad de servicio de la comunicación del usuario. De acuerdo con lo anterior, encontrar un canal disponible con las características requeridas sobre el cual un usuario pueda continuar su sesión de transmisión de datos es un asunto apremiante en movilidad espectral. La selección del canal depende de muchos factores, tales como la capacidad de canal, la disponibilidad del canal y la probabilidad de que el canal siga libre durante la comunicación. Una pobre selección de canal puede causar múltiples cambios de canal, degradando el desempeño de la comunicación y de la red.

Para solucionar este problema, la presente invención tiene por objetivo desarrollar un aparato y un método adaptativo de decisión espectral que mejore el desempeño de la movilidad en redes de radio cognitiva, modificando su comportamiento de forma dinámica, de acuerdo con los requerimientos y parámetros de la comunicación del usuario.

El aparato y método propuesto, está compuesto por una unidad de control encargada de coordinar todo el proceso de selección de la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con características del espectro y los requerimientos del usuario. A través de una unidad de selección adaptativa, de acuerdo con ciertos parámetros de información: tipo de aplicación, relación oferta-demanda, patrón de tráfico y nivel de tráfico, se escoge el mecanismo de selección de canal disponible más adecuado entre tres diferentes formas: realimentación, a través de la unidad de asignación realimentada, multicanal, a través de la unidad de asignación multicanal, y predicción, a través de la unidad de predicción. Lo anterior, teniendo como base los siguientes criterios de decisión: probabilidad de disponibilidad (PD) del canal, tiempo estimado de disponibilidad (TED) del canal, relación señal a ruido (SNR) del canal y ancho de banda (AB) del canal.

Teniendo como base la figura 1, el aparato electrónico para la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva, está conformado por: una unidad de control (6), un GPS (8), tres memorias SD (7) (11) (13), un módulo de medición de criterios (10), una unidad de asignación espectral realimentada (17), una unidad de asignación espectral multicanal (23), una unidad de asignación espectral predictiva (18) y una unidad de selección adaptativa (24).

De acuerdo con la figura 1, los usuarios móviles (1) (2) (3), realizan sus comunicaciones a través del ambiente de radio (4). Para poder seleccionar una oportunidad espectral adecuada, primero hay que identificarlas, esto se puede realizar a través de los mismos dispositivos móviles (1) (2) (3), lo cual agotaría más rápido su batería, o a través de un módulo de monitorización de espectro (5). La información detectada por (5) es enviada a la unidad de control (6) para que a partir de las oportunidades espectrales detectadas por (5), la presente invención determine cuál es la oportunidad espectral más adecuada para un usuario (9) que solicite un recurso espectral. Es importante aclarar que de la figura 1, (1), (2), (3), (4), (5) y (9), no hacen parte del aparato para la Selección Inteligente de Oportunidades Espectrales en Redes de Radio Cognitiva, sin embargo, proporcionan las señales e información necesario con la que trabaja la invención.

La información proporcionada por (5) a la unidad de control (6), es básicamente los niveles de potencia de las señales y los diversos canales de frecuencia donde fueron detectadas. La unidad de control (6) con ayuda del módulo GPS (8), agrega la información del tiempo y lugar en la que dichas señales fueron recibidas, las organiza y las almacena en la memoria SD 1 (7), para ir construyendo una base de datos de la información espectral de interés, tanto en tiempo como en lugar.

Cuando la unidad de control (6) recibe una solicitud de canal disponible por parte de un usuario (9), le envía una señal de inicio al módulo de medición de criterios (10), para que se inicie todo el proceso de selección de oportunidad espectral.

El módulo de medición de criterios (10) está encargado de realizar la medición actual de los criterios de decisión para la selección de la oportunidad espectral. Los criterios de decisión son medidos a partir de las señales de potencia, relación señal a ruido y frecuencia, las cuales son proporcionadas al módulo de medición de criterios (10) a través de la unidad de control (6) y la memoria SD 1 (7). Con las anteriores señales, el módulo de medición de criterios (10) obtiene los valores de los cuatro criterios de decisión: probabilidad de disponibilidad (PD), tiempo estimado de disponibilidad (TED), relación señal a ruido (SNR) y ancho de banda (AB), los cuales son normalizados sobre 100 y almacenados en la memoria SD 2 (11).

La variable PD, corresponde al análisis del ciclo de trabajo normalizado de cada una de las señales de potencia que son oportunidades espectrales potenciales. La variable TED, corresponde al tiempo de disponibilidad promedio de cada canal, primero se calculan todos los periodos de tiempo en que cada canal estuvo disponible de forma continua, y luego se toma el promedio sobre dichos periodos para cada canal. La variable SNR, corresponde al promedio de la diferencia entre la potencia de la señal y la potencia del piso de ruido promedio. La variable AB, corresponde al ancho de banda promedio de cada canal.

A partir de este momento, empiezan a trabajar las tres unidades de asignación espectral con las que cuenta la presente invención: unidad de asignación espectral realimentada (17), unidad de asignación espectral multicanal (23) y la unidad de asignación espectral predictiva (18).

La unidad de asignación espectral realimentada inicia con el módulo de evaluación actual del canal (12), el cual toma la información almacenada en la memoria SD 2 (11) para realizar su tarea. El módulo de evaluación actual del canal (12), realiza un análisis del comportamiento normal de los datos almacenados en la memoria SD 2 (11) y a partir de dicho análisis obtiene el valor del peso de cada uno de los cuatro criterios, que determina la importancia de dicho criterio para la selección de la oportunidad espectral. Posteriormente, (12) calcula un valor de puntaje para cada oportunidad espectral al sumar el producto de cada uno de los cuatro criterios por el valor del peso correspondiente, dicho puntaje permite determinar preliminarmente cual es el mejor recurso espectral.

El módulo de evaluación actual del canal (12) almacena la información de los puntajes de la evaluación actual para cada una de las oportunidades espectrales, en la memoria SD 3 (13). En la memoria SD 3 (13) también se almacena la información del puntaje inmediatamente anterior de cada oportunidad espectral, así como el puntaje promedio de los últimos 60 minutos, los cuales son calculados por los módulos de última evaluación (14) y evaluación promedio (15), respectivamente, con ayuda de la información almacenada en la memoria SD 3 (13).

Posteriormente, el módulo asignación realimentada (16) accede a la memoria SD 3 (13) para obtener los valores de los puntajes correspondientes a la evaluación actual (EA), la última evaluación (UE), y la evaluación promedio (EP), y a partir de la ecuación 1, obtener el valor final del puntaje correspondiente a cada oportunidad espectral.

$$Puntaje_Final_i = \alpha \times EA + \beta \times UE + (1 - \alpha - \beta) \times EP \quad (13)$$

Donde α y $\beta \in [0,1]$, y puntaje final i , es el valor de la evaluación final de la oportunidad espectral i .

La oportunidad espectral con el mejor puntaje final es enviada a la unidad predictiva (18) y la unidad de selección adaptativa (24). Posteriormente, se transfiere el valor de EA a UE y se actualiza el valor de EP de acuerdo con el nuevo valor de UE. Si la oportunidad

espectral seleccionada finalmente, se encuentra ocupada, se envía la oportunidad espectral con el segundo mejor puntaje y así sucesivamente.

La unidad de asignación espectral predictiva, recibe la información de la mejor oportunidad espectral de parte del módulo de asignación realimentada (16), y a partir de la información en el tiempo almacenada en la memoria SD 1 (7), correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles. Luego, la unidad de predicción (18) envía la anterior información a la unidad de selección adaptativa (24).

El principal objetivo de desarrollar una unidad predictiva, es reducir el nivel de interferencia entre los usuarios. La tarea de la unidad de predicción (18) es informarle a la unidad de control (6), a través de la unidad de selección adaptativa (24), cuando debe realizar el cambio de canal y a que canal realizarlo. Para lograr esto, la unidad de predicción (18) modela la serie de tiempo de potencias medidas en cada canal. Luego realiza para cada instante de tiempo, el pronóstico de la potencia para el respectivo canal, y con base en el umbral de decisión dado por la ecuación de probabilidad de falsa alarma, predice si el canal estará ocupado o disponible.

Para desarrollar el modelo de serie de tiempo autoregresiva integrada de promedios móviles, se siguió la metodología de Box-Jenkins. Esta metodología consiste en construir un modelo de series de tiempo en cuatro etapas: identificación, estimación de parámetros, verificación del modelo, y pronósticos del modelo.

La unidad de asignación multicanal (23) realiza la asignación multicanal con equidad, es decir, tiene en cuenta un criterio de equidad. Esta equidad es un factor importante en la asignación multicanal, con el cual, una red inalámbrica con recursos insuficientes, trata de asignar los recursos de una manera equitativa a los usuarios.

Para realizar la asignación multicanal el aparato analiza la demanda de ancho de banda de los usuarios, y cuantifica el número de canales requeridos, de acuerdo con el tipo de aplicación que este ejecutando cada usuario. Las demandas de canales pueden ser de un solo canal (simple) o de múltiples canales (multicanal), de acuerdo con el tipo de servicio o aplicación que se esté desarrollando. La presente invención tiene la capacidad de manejar cuatro tipos de aplicaciones: servicios de voz (demandan 1 canal), servicios Web (demandan 2 canales), servicios de streaming (demandan 4 canales) y servicios de videoconferencia o multimedia (demandan 10 canales).

La unidad de asignación multicanal (23), inicia con el módulo de localización de bandas multicanal (19), que a partir de la información almacenada en la memoria SD (7), identifica los canales de frecuencia contiguos y los trata como una sola banda de frecuencia multicanal. Luego de identificar todas las bandas multicanal y canal único (cuando no existen canales adyacentes disponibles), el módulo de localización de bandas multicanal (19) transfiere esta información al módulo de evaluación multicanal (20).

El módulo de evaluación multicanal (20) realiza una evaluación de todas las bandas multicanal y de canal único, a través de la información de los criterios de decisión almacenados en la memoria SD 2 (11). En el caso de las bandas multicanal promedia la información correspondiente a cada uno de los canales que conforman la banda multicanal. Posteriormente, el módulo de evaluación multicanal (20) transmite los puntajes de cada banda multicanal y de canal único, al módulo de asignación multicanal (21).

El módulo de asignación multicanal (21) se encarga de determinar cuántos y cuáles canales se asignarán a cada usuario (en caso de que sean varios) de acuerdo con su solicitud de demanda de canales y la oferta disponible de estos.

El módulo de asignación multicanal (21) adapta su funcionamiento de acuerdo con el comportamiento de la demanda y oferta de canales en la banda espectral seleccionada, por tanto, se tuvo en cuenta los dos posibles escenarios al momento de la asignación de recursos:

- ✓ Escenario1: Recursos espectrales mayores a la demanda de usuarios
- ✓ Escenario 2: Recursos espectrales menores a la demanda de usuarios

Escenario 1: En un sistema los recursos como el ancho de banda puede ser utilizado por cualquier usuario que requiera transmitir información, sin embargo, los usuarios que utilizan aplicaciones en tiempo real demandan mayor ancho de banda. De acuerdo a esto sería preferible para este tipo de usuarios usar transmisiones multicanal. Para lo anterior, es necesario satisfacer las demandas de todos los usuarios, es decir, que el número de oportunidades espectrales sea mayor que el número de canales requeridos por los usuarios.

Es importante resaltar que cuando la oferta de canales es mayor que la demanda, la unidad de asignación multicanal (21) revisa la oferta excedente y acorde a esta, realiza una distribución equitativa de canales entre todos los usuarios.

Escenario 2: Bajo este escenario hay que tener en cuenta que no todas las demandas de los usuarios se pueden satisfacer completamente, debido a que la oferta puede ser menor que la demanda; sin embargo, bajo un criterio de equidad, se debe garantizar que todos los usuarios van a poder hacer uso de los recursos de la red.

En el proceso de asignación multicanal, cuando la oferta de los recursos espectrales disponibles es menor que la demanda de canales por parte de los usuarios, requiere de un tratamiento especial debido a que si se quiere tener un criterio de equidad con todos los usuarios al momento de la asignación, se debe garantizar que si bien los usuarios no van a tener todos los recursos que solicitaron, se tratará de que todos tengan recursos para transmitir, sin que ninguno salga castigado en el proceso de asignación. Para cumplir con este propósito se tiene en cuenta la oferta actual derivada de la cantidad de canales disponibles encontrados, y de acuerdo a esto se realiza una proyección ideal de las demandas de cada uno de los usuarios. Una vez realizado esto se procede a agrupar los usuarios de acuerdo a la cantidad de demanda de recursos.

Luego se revisa si la oferta actual satisface la demanda de recursos de los diferentes usuarios y en el caso que no sea así, entonces revisa el grupo de usuarios con mayor demanda de recursos y empieza a restar un canal de la asignación deseada. Realiza este proceso para cada uno de los usuarios hasta que la demanda global sea igual a la oferta disponible, en caso de no ser así entonces se pasa al segundo grupo con mayor demanda de recursos y realiza el mismo proceso de resta de un canal por usuario revisando que la demanda se iguale con la oferta. Es posible que todos los usuarios terminen con un solo canal, o incluso deban ser retirados del proceso (no asignarles ningún canal). En el caso de tener que retirar SU del proceso se empieza por los que demandan más canales, dejando de ultimas los que demanda menos canales; este orden de castigo se fijó para beneficiar los usuarios de un canal que tendrían mayor probabilidad de transmitir su información y que representan el porcentaje más significativo en términos de cantidad de usuarios.

Una vez termina, el módulo de asignación multicanal (21) transmite la información al módulo de evaluación de equidad (22), para que este determine el nivel de equidad de la asignación realizada, en caso de no cumplir con el umbral, el módulo de evaluación de equidad (21) le solicita al módulo de asignación multicanal (22) reasignar las oportunidades espectrales.

La evaluación de equidad se mide a través del índice de Jain, el cual identifica canales infrutilizados a partir de la ecuación 2.

$$J = \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n \sum_{i=1}^n X_i^2} \quad (2)$$

Donde n es el número de usuarios y X_i es el rendimiento de la i-esima conexión.

Una vez se satisface el criterio de equidad, el módulo de asignación multicanal (21) envía a la unidad de selección adaptativa (24), la información de la asignación espectral multicanal.

La unidad de selección adaptativa (24) es la encargada de seleccionar cuál de las tres unidades de asignación espectral es la más adecuada, de acuerdo con los requerimientos del usuario (9) y las características del ambiente de radio (4). Para realizar la anterior tarea, la unidad de selección adaptativa (24) le solicita a la unidad de control (6), información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario (9), la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual. Con la anterior información, la unidad de selección adaptativa (24) selecciona la unidad de asignación espectral más adecuada, como lo describe el método de la figura 2, primero determina si la aplicación que requiere ejecutar el usuario (9) es de tiempo-real, si lo es, determina si la relación oferta/demanda es mayor a 1, si lo es, entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la multicanal (23); si la relación oferta/demanda no es mayor a 1, entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la realimentada (17). Ahora, si la aplicación que requiere ejecutar el usuario (9) no es de tiempo real, determina si el patrón de tráfico tiene un comportamiento conocido y de fácil modelado, si lo es, entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la predictiva (18); si el patrón de tráfico no tiene un comportamiento conocido entonces la unidad de asignación espectral más adecuada es la realimentada (17).

Finalmente, la unidad de selección adaptativa (24) le transmite a la unidad de control (6) la oportunidad espectral más adecuada proporcionada a través de la unidad de asignación espectral seleccionada. La unidad de control (6) transmite la información al usuario (9) que solicito el recurso espectral para que inicie su comunicación inalámbrica de forma efectiva.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva, caracterizado por que comprende:
 - a) Una unidad de control (6) encargada de coordinar todo el proceso de selección de la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con características del espectro y los requerimientos del usuario.
 - b) Un módulo GPS (8) encargado de monitorizar las coordenadas geográficas correspondientes a los niveles de potencia de las señales y a la ubicación del usuario que requiere un canal de frecuencia disponible para transmitir.
 - c) Una memoria SD (7) para el almacenamiento de los niveles de potencia de las frecuencias monitorizadas por el detector de espectro, con su correspondiente valor de frecuencia, tiempo de captura y coordenadas geográficas.
 - d) Un módulo de medición de criterios de decisión encargado de realizar la medición actual de los criterios de decisión: probabilidad de disponibilidad, tiempo estimado de disponibilidad, relación señal a ruido y ancho de banda, para la selección de la oportunidad espectral, los cuales son medidos a partir de las señales de potencia, relación señal a ruido y frecuencia.

- e) Una memoria SD (11) para el almacenamiento de los valores de cada uno de los criterios de decisión correspondientes a cada una de las oportunidades espectrales.
- f) Una unidad de asignación espectral realimentada que comprende:
 - I. Un módulo de evaluación actual del canal (12), el cual toma la información almacenada en la memoria SD (11) para realizar un análisis del comportamiento normal y obtener el valor del peso de cada uno de los cuatro criterios, y calcular un puntaje para cada oportunidad espectral al sumar el producto de cada uno de los cuatro criterios por el valor del peso correspondiente.
 - II. Una memoria SD (13) donde se almacena el puntaje determinado por el módulo de evaluación actual, el puntaje anterior y el puntaje promedio, para cada una de las oportunidades espectrales.
 - III. Un módulo de asignación realimentada (16) accede a la memoria SD (13) para obtener los puntajes correspondientes a la evaluación actual (EA), la última evaluación (UE), y la evaluación promedio (EP), y a partir de estos obtener el valor final del puntaje correspondiente a cada oportunidad espectral.
- g) Una unidad de asignación espectral predictiva (18) que recibe la información de la oportunidad espectral más adecuada de parte del módulo de asignación realimentada y a partir de la información en el tiempo, almacenada en la memoria SD (7), correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autorregresivos integrados de promedios móviles.
- h) Una unidad de asignación espectral multicanal (23) que comprende:
 - I. Un módulo de localización de bandas multicanal (19), que a partir de la información almacenada en la memoria SD (7), identifica los canales de frecuencia contiguos y los trata como una sola banda de frecuencia multicanal.
 - II. Un módulo de evaluación multicanal (20) que realiza una evaluación de todas las bandas multicanal y de canal único, a través de la información de los criterios de decisión almacenados en la memoria SD (11). En el caso de las bandas multicanal promedia la información correspondiente a cada uno de los canales que conforman la banda multicanal.
 - III. Un módulo de asignación multicanal (21) que se encarga de determinar cuántos y cuáles canales se asignaran a cada usuario de acuerdo con su solicitud de demanda de canales y la oferta disponible de estos.
 - IV. Un módulo de evaluación de equidad (22), para que este determine el nivel de equidad de la asignación multicanal realizada a través del índice de Jain.
- i) Una unidad de selección adaptativa (24) encargada de seleccionar cuál de las tres unidades de asignación espectral es la más adecuada, de acuerdo con los requerimientos del usuario (9) y las características del ambiente de radio (4), a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario (9), la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual.

2. Un método para la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva, que comprende las etapas de:
- a) Almacenamiento de la información espectral correspondiente a nivel de potencia, canal de frecuencia, tiempo y ubicación geográfica, en una primera memoria SD, con el fin de realizar un análisis posterior para conocer el comportamiento de la ocupación espectral.
 - b) Análisis de la información espectral almacenada en la primera memoria SD para realizar la medición actual de cuatro criterios de decisión: probabilidad de disponibilidad (PD), tiempo estimado de disponibilidad (TED), relación señal a ruido (SNR) y ancho de banda (AB), para la selección de la oportunidad espectral, los cuales son medidos a partir de las señales de potencia, relación señal a ruido y frecuencia, y los cuales son normalizados sobre 100 y almacenados en una segunda memoria SD, donde:
 - I. La variable PD, corresponde al análisis del ciclo de trabajo normalizado de cada una de las señales de potencia que son oportunidades espectrales potenciales.
 - II. La variable TED, corresponde al tiempo de disponibilidad promedio de cada canal, primero se calculan todos los periodos de tiempo en que cada canal estuvo disponible de forma continua, y luego se toma el promedio sobre dichos periodos para cada canal.
 - III. La variable SNR, corresponde al promedio de la diferencia entre la potencia de la señal y la potencia del piso de ruido promedio.
 - IV. La variable AB, corresponde al ancho de banda promedio de cada canal.
 - c) Asignación espectral realimentada en la que se lee la información espectral almacenada en la segunda memoria SD y se realiza un análisis del comportamiento normal de dichos datos para determinar el valor del peso de cada uno de los cuatro criterios de decisión y calcular un valor de puntaje actual para cada oportunidad espectral al sumar el producto de cada uno de los cuatro criterios por el valor del peso correspondiente. Posteriormente, obtener un valor de puntaje final al ponderar el puntaje actual con el puntaje anterior y el puntaje promedio, almacenados en una tercera memoria SD.
 - d) Asignación espectral predictiva que recibe la información de la oportunidad espectral más adecuada de la asignación espectral realimentada, y a partir de la información almacenada en la primera memoria SD, correspondiente a dicha oportunidad espectral, realiza la predicción del tiempo de disponibilidad de dicho canal a través de modelos de series de tiempo autoregresivos integrados de promedios móviles.
 - e) Asignación espectral multicanal que comprende:
 - I. La identificación de canales de frecuencia contiguos para identificar bandas de frecuencia multicanal partir de la información almacenada en la primera memoria SD.
 - II. La evaluación de todas las bandas multicanal y de canal único, a través de la información de los criterios de decisión almacenados en la segunda memoria SD. En el caso de las bandas multicanal se promedia la información correspondiente a cada uno de los canales que conforman la banda multicanal.
 - III. La asignación multicanal que se encarga de determinar cuántos y cuáles canales se asignaran a cada usuario de acuerdo con su solicitud de

demanda de canales y la oferta disponible de estos. Si oferta de canales es mayor que la demanda, se revisa la oferta excedente y se realiza una distribución equitativa de canales sobrantes entre todos los usuarios. Si la oferta de los recursos espectrales disponibles es menor que la demanda de canales por parte de los usuarios, se realiza una proyección ideal de las demandas de cada uno de los usuarios y se procede a agrupar los usuarios de acuerdo a la cantidad demandada de recursos. En el caso que no se satisfaga la demanda de recursos se revisa el grupo de usuarios con mayor demanda de recursos y se empieza a restar un canal de la asignación deseada. Se realiza este proceso para cada uno de los usuarios hasta que la demanda global sea igual a la oferta disponible, en caso de no ser así se pasa al segundo grupo con mayor demanda de recursos y realiza el mismo proceso de resta de un canal por usuario revisando que la demanda se iguale con la oferta. Es posible que todos los usuarios terminen con un solo canal, o incluso deban ser retirados del proceso (no asignarles ningún canal). En el caso de tener que retirar SU del proceso se empieza por los que demandan más canales, dejando de ultimas los que demanda menos canales.

- IV. La evaluación de equidad a través del índice de Jain para determinar el nivel de equidad de la asignación multicanal.
- f) Selección adaptativa encargada de seleccionar cuál de los tres métodos de asignación espectral es el más adecuado, de acuerdo con los requerimientos del usuario y las características del ambiente de radio, a partir de la información del tipo de aplicación que requiere ejecutar el usuario, la relación oferta-demanda de canales, el patrón de comportamiento del tráfico y el nivel de tráfico actual.

FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques funcional del aparato

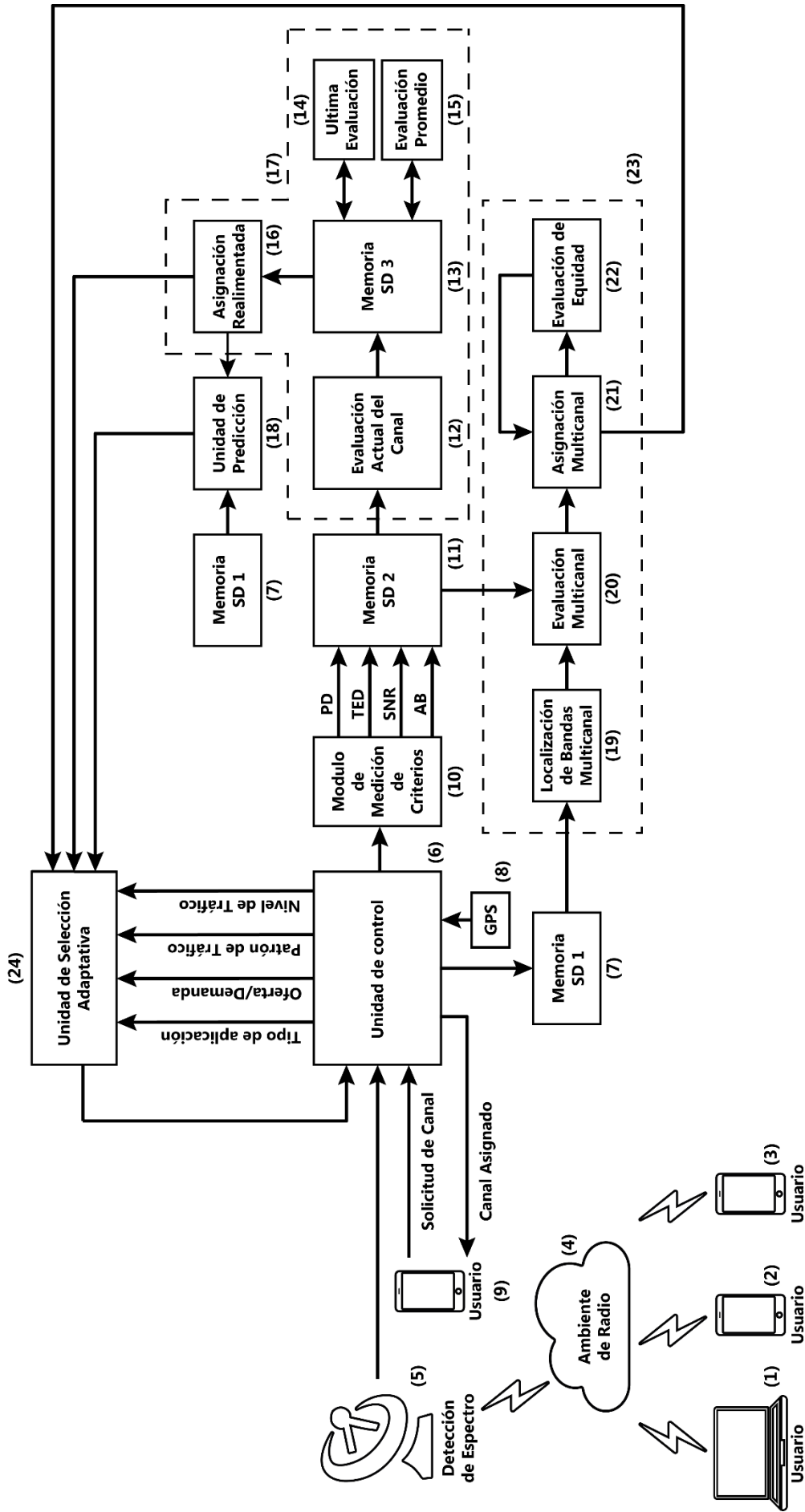
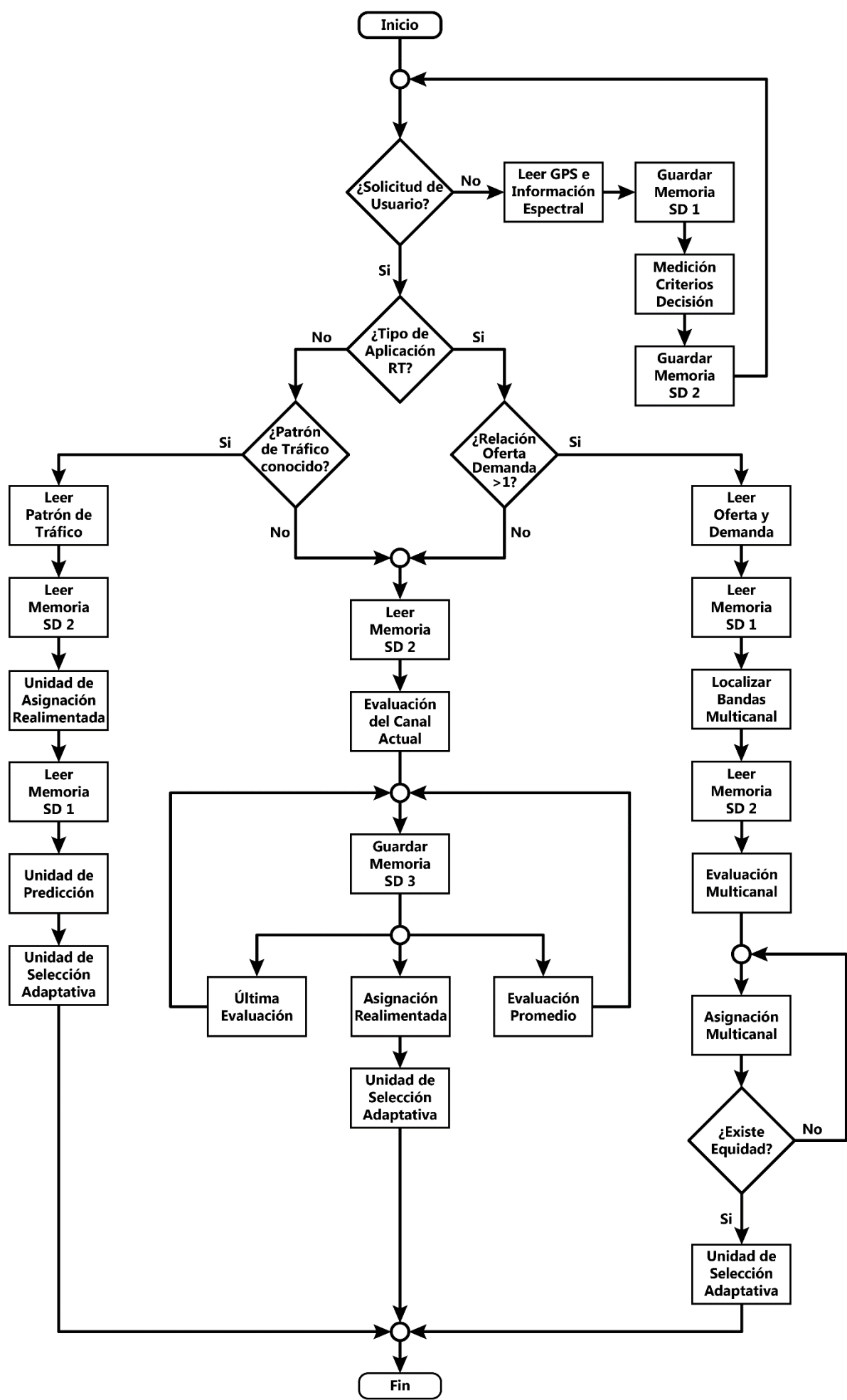


Figura 2. Diagrama de procesos del método



RESUMEN

La presente invención se refiere a un aparato y un método para la selección inteligente de oportunidades espectrales en redes de radio cognitiva, que mejore el desempeño de la movilidad en redes de radio cognitiva, modificando su comportamiento de forma dinámica, de acuerdo con los requerimientos y parámetros de la comunicación del usuario.

El aparato y método propuesto, está compuesto por una unidad de control encargada de coordinar todo el proceso de selección de la oportunidad espectral más adecuada de acuerdo con características del espectro y los requerimientos del usuario. A través de una unidad de selección adaptativa, de acuerdo con ciertos parámetros de información: tipo de aplicación, relación oferta-demanda, patrón de tráfico y nivel de tráfico, se escoge el mecanismo de selección de canal disponible más adecuado entre tres diferentes formas: realimentación, a través de la unidad de asignación realimentada, multicanal, a través de la unidad de asignación multicanal, y predicción, a través de la unidad de predicción. Lo anterior, teniendo como base los siguientes criterios de decisión: probabilidad de disponibilidad del canal, tiempo estimado de disponibilidad del canal, relación señal a ruido del canal y ancho de banda del canal.