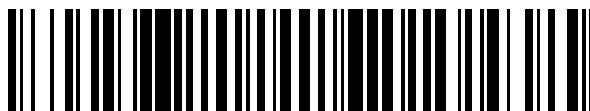


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 299**

51 Int. Cl.:

H04B 17/00 (2015.01)
H04B 7/0417 (2007.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04W 24/10 (2009.01)
H04W 64/00 (2009.01)
H04W 84/12 (2009.01)
H04W 88/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2015 PCT/US2015/033443**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016 WO16069062**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2015 E 15855004 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.09.2020 EP 3189609**

54 Título: **Red de área local inalámbrica con diagnóstico espacial**

30 Prioridad:

31.10.2014 US 201414530657

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

15.04.2021

73 Titular/es:

**QUANTENNA COMMUNICATIONS, INC. (100.0%)
5005 East McDowell Road
Phoenix, AZ 85008, US**

72 Inventor/es:

**SCHELSTRAETE, SIGURD;
DEGHAN, HOSSEIN;
HEIDARI, SAM y
AMIRI, BAHADOR**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 819 299 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Red de área local inalámbrica con diagnóstico espacial

Antecedentes de la invención

1. Campo de invención

5 El campo de la presente invención se relaciona en general con redes de área local inalámbricas (WLAN) que incluyen puntos de acceso inalámbricos (WAP) y estaciones inalámbricas y métodos para diagnóstico espacial de las mismas.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Redes domésticas y de oficinas, también conocidas como redes de área local inalámbricas (WLAN) son establecidas y servidos usando un dispositivo denominado un Punto de Acceso Inalámbrico (WAP). El WAP puede incluir un enrutador. El WAP acopla de manera inalámbrica todos los dispositivos de la red doméstica, por ejemplo, estaciones inalámbricas tales como: ordenadores, impresoras, televisores, reproductores de vídeo digital (DVD), cámaras de seguridad y detectores de humo entre sí y con la Línea de Cable o Suscriptores a través de la cual es suministrado Internet, vídeo, y televisión a la vivienda. La mayoría de los WAPs implementan el estándar IEEE 802.11 el cual es un estándar basado en contención para manejar comunicaciones entre múltiples dispositivos en competencia para un medio de comunicación inalámbrica compartido en uno seleccionado de una pluralidad de canales de comunicación. El rango de frecuencia de cada canal de comunicación es especificado en el correspondiente de los protocolos IEEE 802.11 que están implementados, por ejemplo "a", "b", "g", "n", "ac", "ad", "ax". Las comunicaciones siguen un modelo de distribuidor y radio con un WAP en el distribuidor y los radios que corresponden a los enlaces inalámbricos a cada dispositivo 'cliente'.

20 Después de la selección de un único canal de comunicación para la red doméstica asociada, el acceso al canal de comunicación compartido se basa en una metodología de acceso múltiple identificada como Acceso Múltiple con Detección de Colisiones (CSMA). CSMA es una metodología de acceso aleatorio distribuido introducido por primera vez para redes por cable domésticas tal como Ethernet para compartir un único medio de comunicación, al hacer que un enlace de comunicación en competencia se desconecte y reintente acceder a la línea si una colisión es detectada, es decir si el medio inalámbrico está en uso.

25 Las comunicaciones en el único medio de comunicación son identificadas como "simplex" que significa, un flujo de comunicación desde un único nodo de origen a uno o más nodos de destino a la vez, con todos los nodos restantes capaces de "escuchar" la transmisión en cuestión. Para confirmar la llegada de cada paquete de comunicación, se requiere que el nodo de destino envíe de vuelta un reconocimiento, también conocido como paquete de "ACK" al origen. En ausencia del recibo del paquete de ACK el origen retransmitirá los datos no reconocidos hasta que se reciba un reconocimiento, o se alcance un tiempo de espera.

30 Inicialmente las redes domésticas inalámbricas manejaban comunicaciones de Internet para un número limitado de dispositivos, por ejemplo 1-3, en un rango interior y rendimiento de 20 pies y 1Mbps respectivamente. Como tal fueron limitadas al suministro de datos, donde las inconsistencias en suministro, por ejemplo, interrupciones temporales o deficiencias de rendimiento, no son notables, por ejemplo, archivos y páginas web. Con mejoras en el rango y rendimiento de 250 pies y 600Mbps surgió la posibilidad de suministro inalámbrico a flujos de audio-vídeo de baja latencia para dispositivos de consumo tales como televisores. Cada televisor requiere 5-30 Mbps en rendimiento ininterrumpido para calidad de imagen aceptable. La calidad de imagen es extremadamente sensible a la colocación de los componentes inalámbricos, es decir WAP, decodificador y/o televisor. Además de los dispositivos de mayor rendimiento, también se espera que la WLAN de próxima generación maneje lo que es identificado como el "Internet de las Cosas" (IoT), por ejemplo, literalmente cientos de dispositivos incorporados inalámbricos dentro de una vivienda servidos por un único WAP como un puente de comunicación para acoplar los dispositivos asociados con la vivienda moderna: por ejemplo, ordenadores, televisores, aparatos, sensores al Internet.

Lo que se necesita es un método mejorado para dar servicio al IoT en una WLAN residencial/comercial.

45 El documento US-2014/098701 se relaciona con la medición de canales en un sistema de LAN inalámbrica. Una estación recibe una pluralidad de marcos de sondeo desde un punto de acceso, estima la pluralidad de marcos de sondeo con el fin de generar información de estado de canal a largo plazo (LCSI), proporciona la LCSI generada al punto de acceso como retroalimentación y recibe desde el punto de acceso un marco de gestión de identificador de grupo.

50 El documento US-2013/286959 se refiere al soporte de operaciones de asignación de recursos basada en bloques ortogonales coordinada (COBRA). Un punto de acceso puede estar configurado para indicar a una pluralidad de estaciones que puede soportar COBRA. Cada estación puede estar configurada para indicar al punto de acceso que también puede soportar COBRA.

55 El documento US-2011/051636 se relaciona con la realización de supresión de interferencias en sistemas de acceso múltiple por división espacial (SOMA). Cuando el número de antenas de recepción de un receptor es igual o mayor

que el número de flujos espaciales previstos para el receptor, el receptor puede realizar la supresión de interferencias en las señales recibidas en todas sus antenas.

Resumen de la invención

5 Aunque han sido divulgadas varias realizaciones y/o ejemplos en esta descripción, la materia objeto para la cual se busca protección se limita estricta y únicamente a aquellas realizaciones y/o ejemplos abarcados por el alcance de las reivindicaciones anexas. Realizaciones y/o ejemplos mencionados en la descripción que no caen bajo el alcance de las reivindicaciones son útiles para entender la invención.

10 La presente invención proporciona un método y aparato para el diagnóstico espacial para una red de área local inalámbrica (WLAN) que incluye un sistema de diagnóstico en línea con la reivindicación 1 y un método de acuerdo con la reivindicación 8. En un ejemplo un sistema de diagnóstico para el diagnóstico espacial de la WLAN incluye: un agregador de sondeos y un correlacionador espacial. El agregador de sondeos está configurado para agregar información de estado de canal (CSI) de múltiple entrada múltiple salida (MIMO) de los sondeos de canal de la WLAN, incluyendo sondeos de canal entre un nodo de punto de acceso inalámbrico (WAP) y nodos de estación asociados en uno seleccionado de una pluralidad de canales de comunicación de la WLAN. El correlacionador espacial está acoplado al agregador de sondeos y configurado para correlacionar información de estado de canal (CSI) de los sondeos de canal con características espaciales de la WLAN incluyendo al menos uno de: un cambio en ubicación de un nodo de WLAN, actividad humana entre los nodos de WLAN, e impedimentos estructurales entre nodos de WLAN.

La invención puede ser implementada en hardware, firmware o software.

20 También se proporcionan métodos asociados y medios legibles por ordenador que contienen instrucciones de programa.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la presente invención serán más evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada en conjunto con los dibujos anexos en los cuales:

25 Las figuras 1A-B son vistas en planta de sondeos de canal intermitente de WLAN de la técnica anterior y comunicaciones formadas por haces respectivamente;

Las figuras 2A-2D son un gráfico de canal representativo de la técnica anterior, un diagrama de temporización de WLAN de la técnica anterior que incluye sondeos, un diagrama de temporización de sondeo explícito detallado de la técnica anterior, y un diagrama de paquetes de la técnica anterior de unos paquetes de WLAN que incluyen el campo de sondeo.

30 Las figuras 3A-3C son una vista en planta, una tabla de información de estado de canal (CSI) de enlace, y diagnóstico espacial de matriz de estado de canal respectivamente de una WLAN en la cual los sondeos de canal están correlacionados con cambios en la disposición de uno o más de los nodos de WLAN;

35 Las figuras 3D-3F son una vista en planta, una tabla de CSI de enlace, y diagnóstico espacial de matriz de estado de canal respectivamente de una WLAN en la cual los sondeos de canal están correlacionados con actividad humana entre nodos de WLAN;

Las figuras 4A-4F son una vista en planta, una tabla de CSI de enlace, y una secuencia de diagnóstico espacial de matriz de estado de canal y datos espaciales estructurales resultantes respectivamente de una WLAN en la cual los sondeos de canal isotrópicos están correlacionados con impedimentos estructurales alrededor de los nodos de WLAN;

40 Las figuras 4G-4I son una vista en planta, y diagnóstico espacial de matriz de estado de canal y datos espaciales estructurales resultantes respectivamente de una WLAN en la cual un sondeo de canal incluye subcanales seleccionados en los cuales el perfil de radiación es anisotrópico con el fin de mejorar la precisión de los datos espaciales estructurales;

Las figuras 5A-5C son diagramas de intercambio de datos de sondeo que muestran sondeos explícitos, no solicitados e implícitos sobre un enlace entre dos nodos de WLAN de acuerdo con una realización de la presente invención;

45 La figura 6 es un diagrama de sistema de diversos tipos de datos espaciales derivados de sondeos de canal de WLAN y a los cuales a su vez se puede acceder mediante un rango de aplicaciones que dan servicio a las necesidades de suscriptores residenciales y comerciales;

Las figuras 7A-7C son diagramas de bloques de hardware de diversos dispositivos configurados para ejecutar el diagnóstico espacial de una red doméstica inalámbrica de acuerdo con una realización de la presente invención;

50 Las figuras 8A-8B son diagramas de flujo de procesos de procesos asociados con derivar y utilizar diagnóstico espacial a partir de sondeos de canal de WLAN de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones

- La presente invención proporciona un método y aparato para el diagnóstico espacial de una red doméstica inalámbrica para servicios que oscilan desde: diagnóstico de WLAN, seguridad doméstica, monitorización de atención médica, control de servicios domésticos inteligentes, cuidado de personas mayores, etc. En vez de que el WAP simplemente dé servicio como un puente para acoplar las estaciones al Internet, el WAP y estaciones asociadas que forman la WLAN asumen una función adicional como una fuente independiente de contenido, es decir datos espaciales. Ejemplos de estos datos espaciales incluyen: a) Cambios en la ubicación de uno o más de los nodos de WLAN incluyendo la identificación del nodo sujeto a tal desplazamiento y el tiempo de desplazamiento. b) Actividad humana dentro de la WLAN que incluye el tiempo, ubicación y trayectoria del movimiento, donde la ubicación y trayectoria son identificadas al menos en relación con el enlace de WLAN asociado o vector de enlace. c) Impedimentos estructurales que ocupan el espacio en y alrededor de la WLAN. La provisión de estos datos espaciales por la WLAN existente evita la redundancia y obvia la necesidad de muchos de los dispositivos inalámbricos adicionales que actualmente compiten por la inclusión en la WLAN residencial y comercial. En muchos casos las capacidades de detección y monitorización que ofrecen estos dispositivos, pueden en vez ser recolectadas directamente de los nodos de WLAN existentes durante el curso de su operación normal. Estos datos espaciales obvian la necesidad de sensores y dispositivos dedicados dentro de la vivienda y permiten a los desarrolladores de aplicaciones proporcionar aplicaciones que dan servicio a los siguientes segmentos de mercado: diagnóstico de WLAN, seguridad doméstica, monitorización de atención médica, control de servicios domésticos inteligentes, cuidado de personas mayores, etc. sin la necesidad de dispositivos adicionales o hardware dedicado.
- Las figuras 1A-B son vistas en planta de sondeos de canal intermitente de WLAN de la técnica anterior y comunicaciones formadas por haces respectivamente. Los sondeos de canal mostrados en la figura 1A son sondas intermitentes enviadas desde el WAP que identifica uno o más nodos de estación desde los cuales es solicitada la retroalimentación de sondeo. La respuesta a la sonda del nodo de estación receptora contiene información la cual permite al WAP cuantificar las características del canal entre este y el nodo de estación. El transmisor usa esta información para mejorar la eficiencia de comunicaciones subsecuentes de datos al receptor previsto. Los sondeos en sí mismos pueden ser enviados desde un WAP a una o más estaciones o desde una estación al WAP. Los sondeos ya sean enviados desde un dispositivo con una única antena o múltiples antenas exhiben una huella de radiación isotrópica, es decir de igual fuerza de señal de radiofrecuencia (Rf) en todas las direcciones. Los sondeos exhiben fuerzas de señal de Rf isotrópicas debido a que: a) están previstos para ser recibidos por todos los dispositivos y b) están diseñados para permitir que el dispositivo receptor identifique las características de canal de enlace. El sondeo en sí mismo incluye un campo de preámbulo con modulación conocida, número de flujos, y secuencia de bits los cuales el dispositivo receptor analiza tras la recepción para determinar cambios a los mismos que provocó el canal de enlace, por ejemplo, debilitamiento, atenuación, y desplazamiento de fase.
- En la figura 1A se muestra el WAP 102 configurando enlaces 120 y 140 de comunicación con nodos 108 y 112 de estación inalámbrica respectivamente dentro de la residencia 100. Cada par de enlaces intercambia capacidades, por ejemplo, 122A-B en el enlace 120 e intercambio de capacidades, 142A-B en el enlace 140. Durante este intercambio son intercambiados el número de antenas, el número de flujos, la codificación y capacidades de soporte de formación haces de cada dispositivo. A continuación, tiene lugar una solicitud y respuesta de sondeo explícito inicial, 122C-D en el enlace 120 y 142C-D en el enlace 140. El sondeo es enviado usando una fuerza 104 de señal de radiofrecuencia (Rf) isotrópica. El sondeo en sí mismo identifica las estaciones objetivo a partir de las cuales se solicita una respuesta, e incluye un campo de preámbulo el cual es modulado en el número máximo de flujos soportados por los asociados de enlace usando una secuencia de bits y esquema de modulación y codificación (MCS) conocido por todos los receptores. Tras la recepción las estaciones receptoras determinan cambios en amplitud y fase en la transmisión de sondeo provocados por el canal de enlace, por ejemplo, debilitamiento, atenuación, y desplazamiento de fase y pasa indicios de estas características de canal como paquetes de respuesta de retroalimentación de sondeo, 122D, 142D, de vuelta al WAP donde son usados inmediatamente para configurar la formación de haces de comunicaciones de datos subsecuentes como se muestra en la figura 1B.
- Los estándares IEEE 802.11n y 802.11ac soportan grados crecientes de complejidad en el procesamiento de señales requerido de nodos de WLAN totalmente compatibles incluyendo la capacidad de formación de haces para la comunicación enfocada de datos de usuario. Una de las muchas capacidades de un nodo de WLAN totalmente compatible bajo cualquiera de estos estándares es la capacidad de enfocar la fuerza de señal de una comunicación transmitida hacia un dispositivo receptor. Hacerlo así requiere múltiples antenas y medios para controlar de manera independiente la fase y amplitudes de las señales de comunicación transmitidas en los mismos. Un componente de banda base del WAP o estación denominado un mapeador espacial toma como entrada los flujos de comunicación independientes para cada antena junto con una matriz de direccionamiento, también conocida como matriz de formación de haces, determinada durante un sondeo isotrópico previo del canal como se muestra en la figura 1A. La matriz de direccionamiento contiene coeficientes complejos que corresponden a los ajustes discretos de fase y amplitud de cada flujo de comunicación de la antena que proporcionan la fuerza de señal enfocada requerida al compuesto de las señales transmitidas desde todas las antenas. Idealmente la superposición de los coeficientes de matriz de formación de haces en las señales de comunicación transmitidas correspondientes de cada antena dará como resultado una interferencia constructiva de las señales de comunicación entre sí a lo largo de la trayectoria hacia el objetivo e interferencia destructiva en otros lugares. Cuanto mayor sea el número de antenas en el arreglo en fase más enfocada será la fuerza de señal resultante.

Ahora la matriz de direccionamiento como se indica es derivada del sondeo previo, y el sondeo en sí mismo se hace usando un perfil de radiación isotrópica como se muestra en la figura 1A. Este perfil de radiación isotrópica puede ser logrado ya sea dependiendo de la isotropía inherente de las antenas en un arreglo de MIMO y sin ninguna matriz de direccionamiento o usando una matriz de direccionamiento diseñada para producir una fuerza de señal isotrópica en el sondeo.

En la figura 1B el WAP se muestra usando la retroalimentación de sondeo para configurar comunicaciones de datos subsecuentes con sus asociados de enlace, por ejemplo, estaciones 108, 112. Cuando las capacidades de las capacidades de asociados de enlace lo permiten, la retroalimentación de sondeo es usada para establecer comunicaciones de datos formadas por haces subsecuentes. La formación de haces aumenta la fuerza de señal recibida y es lograda mediante cambios independientes en fase o amplitud de la señal transmitida desde cada una de las antenas de transmisión las cuales direccionan en conjunto la huella de potencia de transmisión hacia las estaciones receptoras previstas, usando la información de estado de canal (CSI) obtenida en los paquetes de respuesta de sondeo, 122D, 142D (véase figura 1A). Una vez que se determina cada matriz de direccionamiento de haces de enlaces, se descarta la retroalimentación de sondeo. Se muestra el WAP 102 en el tiempo t_0 usando su antena múltiple para formar por haces 105A de paquetes 142E de comunicación de datos de enlace descendente en el enlace 140 a la estación 112. Subsecuentemente en el tiempo t_1 se muestra WAP 102 formando por haces 105B paquetes 122E de comunicación de datos de enlace descendente en el enlace 120 a la estación 112. A medida que las comunicaciones de datos degradan cualquiera o ambos asociados de enlace resondean el enlace para actualizar la CSI de enlace, y se descarta la información de direccionamiento de haces previa.

Las figuras 2A-2D son un gráfico de canal representativo de la técnica anterior, un diagrama de temporización de WLAN de la técnica anterior que incluye sondeos, un diagrama de temporización de sondeo explícito detallado de la técnica anterior, y un diagrama de paquetes de la técnica anterior de unos paquetes de WLAN incluyendo el campo de sondeo.

La figura 2A es un gráfico de canal representativo de la técnica anterior en el cual la frecuencia de dimensión de eje x y versus potencia respectivamente para los ocho canales de comunicación de 20MHz, 200-214. Cada canal de comunicación puede ser seleccionado individualmente para soportar una red de área local inalámbrica (WLAN). Alternativamente más de uno de los canales de 20MHz pueden ser agregados en diversas combinaciones para formar un canal Agregado de 40MHz, 80MHz o 160MHz para soportar comunicaciones de WLAN. Cada canal de comunicación de 20MHz es multiplexado por división de frecuencia ortogonal (OFDM), es decir dividido en subcanales o tonos. Cada canal de 20MHz tiene 56 subportadores o tonos modulados independientemente. El canal 200 de comunicación tiene subcanales también conocidos como tonos, por ejemplo, subcanales 200A, 200B. Esta disposición de canal corresponde a la especificada en IEEE 802.11ac, por ejemplo.

La figura 2B es un diagrama de temporización de WLAN representativo de la técnica anterior que incluye sondeos. Una operación típica de una WLAN incluye marcos 220A-E de baliza enviadas periódicamente, por ejemplo, a intervalos t_0 - t_5 de 100ms. En un intervalo de baliza representativo, t_0 - t_1 se muestran los siguientes subintervalos: un intervalo 224A libre de contención, un intervalo 226A de sondeo y un intervalo 228A de contención. Durante el intervalo libre de contención el WAP envía comunicaciones de datos de usuario de enlace descendente de manera secuencial a una o más de las estaciones en la WLAN. Durante el intervalo de sondeo son sondeados uno o más enlaces corriente arriba o corriente abajo para determinar las características de canal de los mismos y usando la CSI en la retroalimentación del sondeo es determinada la matriz de formación de haces para cada enlace sujeto al sondeo. Los sondeos son llevados a cabo por enlace, y además pueden ser ya sea un sondeo de enlace descendente o de enlace ascendente. La retroalimentación de sondeo es diferente para cada enlace. Durante el intervalo basado en contención el acceso múltiple por detección de portador (CSMA) es usado como una metodología de control de acceso al medio (MAC) para permitir que cualquier estación tome el control del canal y envíe comunicaciones de datos de usuario de enlace ascendente en el mismo al WAP. En el siguiente intervalo t_1 - t_2 de baliza hay un intervalo 224B libre de contención y un intervalo 228B de contención. En el siguiente intervalo t_2 - t_3 de baliza hay un intervalo 224C libre de contención, uno o más sondeos 226C, y un intervalo 228C de contención.

La figura 2C es un diagrama de temporización de sondeo explícito detallado de la técnica anterior que muestra una vista detallada de un sondeo 226A representativo como se muestra en la figura 2B. Se muestra un sondeo Explícito de los canales de enlace entre el WAP y estación 108 y el WAP y estación 112. Los paquetes 240, 242, 244, 246, 248 están todos asociados con el sondeo. Todos los paquetes que incluyen los asociados con el sondeo, incluyen una porción de encabezado que se muestra en sombreado transversal y referenciada con el sufijo "A". Después del sondeo, se reanudan las comunicaciones, y datos de usuario, por ejemplo, paquete 250, son enviados en los enlaces que han sido sondeados. Estos paquetes de datos de usuario son enviados usando la matriz de formación de haces asociada determinada durante el sondeo precedente.

El sondeo explícito previsto en el estándar IEEE 802.11ac permite al receptor ayudar al transmisor a direccionar comunicaciones de datos de usuario subsecuentes hacia el receptor usando la matriz de formación de haces proporcionada por el receptor en respuesta al sondeo de canal de enlace explícito iniciado por el transmisor. Un sondeo explícito puede ser iniciado por un WAP o una estación. En el ejemplo mostrado el WAP 102 inicia el sondeo enviando en el tiempo t_0 de envío un marco 240 de anuncio de paquete de datos nulo (NDPA). El NDPA identifica el WAP y las estaciones receptoras objetivo para el sondeo. Donde más de una estación es un receptor objetivo, el orden en el cual

se enumeran las estaciones receptoras controla el orden de su respuesta. A continuación, en el tiempo t_1 un paquete de datos nulos (NDP) 242 es enviado por el WAP. Este paquete similar a todos los otros paquetes asociados con el sondeo no contiene datos de usuario, sino que el encabezado del paquete 242A contiene un campo de preámbulo ubicuo, el cual en el caso del estándar IEEE 802.11ac es identificado como el campo 266 de VHT-LTF que se muestra en la figura 2D. El campo de VHT-LTF también conocido como estimación de canal o campo de sondeo, contiene una secuencia de entrenamiento larga usada para la estimación de canal de MIMO por el receptor. Cada dispositivo receptor determina entonces la matriz de direccionamiento de haces correspondiente requerida para ajustar la fase y amplitud de transmisiones de MIMO subsecuentes por el WAP de tal manera que maximice la fuerza de señal recibida en la estación receptora. El primer objetivo previsto por ejemplo estación 108 entonces responde en el tiempo t_2 con el paquete 244 de retroalimentación de formación de haces que contiene CSI. Si la estación receptora es compatible con IEEE 802.11n la retroalimentación es en la forma de la matriz H de canal de enlace. Si la estación receptora es compatible con IEEE 802.11ac la retroalimentación es en la forma de la matriz de direccionamiento de haces V unitaria y la matriz SNR diagonal por tono. Cualquier estación restante direccionada por el sondeo inicial, responde con la matriz de direccionamiento de haces para su propio enlace cuando el WAP se lo pide así. El WAP envía un paquete 246 de encuesta de reporte en el tiempo t_3 identificando la siguiente estación desde la cual se solicita la retroalimentación de sondeo. Esa estación, por ejemplo, estación 112, luego responde en el tiempo t_4 con el paquete 248 de retroalimentación de formación de haces. A continuación, en el tiempo t_5 se reanuda la comunicación de paquetes de datos de usuario y datos de usuario, por ejemplo, paquete 250, son enviados en los enlaces que han sido sondeados usando la matriz de formación de haces asociada determinada durante el sondeo precedente.

La figura 2D es un diagrama de paquetes de la técnica anterior de unos paquetes de WLAN que incluyen el campo de sondeo. Todos los paquetes de WLAN ya sean asociados con la comunicación de un sondeo o con la comunicación de datos de usuario incluyen una porción de encabezado oblicua. Todos los encabezados de paquetes de WLAN incluyen diversos campos de preámbulo con secuencias conocidas que permiten a la estación receptora sincronizar la recepción con límites de paquete y determinar el canal recibido. Lo que hace que un paquete de sondeo sea un paquete de sondeo no es el campo de sondeo en el encabezado, sino las instrucciones de carga útil de NDPA que identifican las estaciones receptoras a las cuales se les solicita que compartan su análisis de canal con el transmisor de tal manera que se mejoren sus comunicaciones subsecuentes. La figura 2D muestra tal paquete 242 y el correspondiente intervalo de símbolo (SI) requerido para transmitir cada campo del mismo. El encabezado 242A incluye una porción heredada que contiene los campos de L-STF, L-LTF y L-SIG y una porción de muy alto rendimiento que contiene los campos de VHT-SIGA, VHT-STF, VHT-LTF y VHT-SIGB. La porción 242B de carga útil no contiene datos de usuario. Los campos de señal y entrenamiento (SIG) 260 heredados (L), largos (LTF) y cortos (STF) son compatibles con estaciones que solo soportan estándares IEEE 802.11n o anteriores. Los campos de señal y entrenamiento restantes están previstos solo para rendimiento muy alto, por ejemplo, dispositivos compatibles con IEEE 802.11ac. El campo 262 VHT-SIGA contiene información sobre el esquema de modulación y codificación (MCS) y número de flujos del sondeo. El campo 264 de VHT-STF es usado para el control automático de ganancia (AGC). El campo 266 de VHT-LTF, también conocido como estimación de canal o campo de sondeo, contiene una secuencia de entrenamiento larga usada para la estimación de canal de MIMO por el receptor.

Todos los paquetes de WLAN ya sean asociados con la comunicación de un sondeo o la comunicación de datos de usuario incluyen una porción de encabezado similar con los mismos campos de preámbulo de entrenamiento y señal con secuencias conocidas que permiten a la estación receptora sincronizar la recepción con límites de paquete y determinar el canal recibido.

Las figuras 3A-3C son una vista en planta, una tabla de información de estado de canal (CSI) de enlace, y diagnóstico espacial de matriz de estado de canal respectivamente de una WLAN que opera de acuerdo con una realización de la invención en la cual los sondeos de canal son correlacionados con cambios en la disposición de uno o más de los nodos de WLAN. Los sondeos de WLAN y comunicaciones de datos subsecuentes son llevados a cabo de la misma manera que en el caso de la técnica anterior, pero en vez de descartar la retroalimentación de sondeo después de que se determinan las matrices de direccionamiento de haces, como es el caso con sondeos de la técnica anterior, la CSI de cada sondeo es en esta realización de la invención almacenada y marcada con tiempo para análisis espacial subsecuente. El análisis espacial puede ser llevado a cabo en el WAP o en la "Nube" en un servidor de ordenador dedicado, por ejemplo. En cualquier caso, el análisis espacial de la CSI histórica tiene lugar sin interrumpir o alterar la actividad normal de WLAN, por ejemplo, sondeos y comunicaciones de datos.

La figura 3A es una vista en planta de una vivienda 100 en la cual se muestra el WAP 302 configurando enlaces 320 y 340 de comunicación con nodos 308 y 312 de estación inalámbrica respectivamente. Cada par de enlaces intercambia capacidades, por ejemplo, 322A-B en el enlace 320 y 342A-B en el enlace 340. A continuación, tiene lugar una solicitud y respuesta de sondeo explícito, 322C-D en el enlace 320 y 342C-D en el enlace 340. El sondeo es enviado usando una fuerza 304 de señal de radiofrecuencia (Rf) isotrópica. Tras la recepción las estaciones receptoras determinan los indicios de estas características de canal y pasan esta CSI como paquetes de respuesta de retroalimentación de sondeo, 322D, 342D, de vuelta al WAP donde son usados inmediatamente para establecer la formación de haces de MIMO subsecuente de comunicaciones de datos de usuario. A diferencia de la retroalimentación de sondeo de la técnica anterior la cual es descartada después de que se determinan las matrices de direccionamiento de haces para comunicaciones de datos subsecuentes, la retroalimentación de sondeo también conocida como CSI, es almacenada en el elemento 306 de memoria como información 307A de estado de canal de enlace a partir de la cual serán calculados los datos 307B espaciales. Estos cálculos de datos espaciales ya sea que

se realicen en el WAP 302 o en la 'nube', tienen lugar en paralelo con y por lo tanto sin interrumpir comunicaciones de WLAN normales.

Una vez que se esté almacenando CSI en vez de descartarla, ¿qué se puede hacer con esta? Una respuesta sorprendentemente suficiente es que se puede determinar cuándo cambió el rendimiento en la WLAN o en un enlace específico de la misma, y ofrecer una posible explicación para el mismo. Por ejemplo, si la WLAN fue realizada correctamente en un momento en el tiempo, y luego después del movimiento de un nodo de WAP o estación, dejó de realizar correctamente entonces el conocimiento de cual nodo giró o fue movido acoplado quizás con las métricas de rendimiento de WLAN antes y después de los movimientos puede ser usado para aislar una fuente potencial de problemas de la WLAN y permitir que el técnico o el propietario se concentren en una solución direccionada al problema. Así los datos espaciales pueden ser explotados por: centros de llamadas Telco o ISP o soporte técnico o técnicos de servicio en el sitio, para mejorar el diagnóstico de problemas de WLAN.

La figura 3B muestra la tabla 307A de CSI de Enlace en la cual el historial de cada información de CSI del enlace para el enlace ascendente y enlace descendente está almacenado a lo largo del tiempo, con la marca de tiempo en cuanto a cuándo fue obtenido cada registro, y el esquema de modulación y codificación (MCS) máximo y o rendimiento soportado por el enlace en ese momento en el tiempo.

La figura 3C muestra cómo tal información de CSI puede ser analizada para extraer datos espaciales, pertenecientes en esta realización de la invención a la colocación o desplazamiento de nodos de WLAN. Se muestra una secuencia de tiempo de matrices obtenidas a partir de la retroalimentación de sondeo explícito en los tiempos t_0 , t_1 , t_2 , t_3 . Las matrices 324A-D son obtenidas de sondeos sucesivos del enlace 320. Las matrices 344A-D son obtenidas de sondeos sucesivos del enlace 340. Estas junto con el MCS de enlace asociado o métricas de rendimiento son extraídos de la tabla 307A de CSI de enlace. Las matrices tienen conteos de filas y columnas que corresponden al número de antenas de transmisión y recepción en los asociados de enlace correspondientes, es decir WAP 302 y nodo 308 de estación en el enlace descendente 320 y WAP 302 y nodo 312 de estación en el enlace descendente 340. Los coeficientes de cada matriz se enumeran en dB o la relación de potencia en decibelios de potencia medida. Cada matriz corresponde al producto de la trasposición conjugada, también conocida como Hermitiana, de la matriz de canal y en sí misma. Este producto de matriz, puede ser derivado de la retroalimentación de sondeo explícito de la matriz de direccionamiento de haces "V" y la matriz de relación señal a ruido (SNR) por tono como se especifica en el estándar IEEE 802.11ac como se muestra en la figura 6A. En realizaciones alternativas de la invención CSI de sondeo puede consistir en la matriz de canal "H" como se especifica en el estándar IEEE 802.11n a partir de la cual también se puede determinar H^*H .

En el ejemplo mostrado el diagnóstico espacial procede como sigue. Durante el intervalo de tiempo de las muestras de sondeo mostradas, es decir t_0 - t_4 la CSI para el enlace 320 es estable, con coeficientes de matriz sustancialmente similares: c_{11} a -50 dB, c_{12} a -55 dB, c_{21} a -57 dB, c_{22} a -52 dB. Esto sugiere la estabilidad espacial tanto del WAP 302 como de su nodo 308 de estación de asociado de enlace durante el intervalo cubierto por los sondeos agregados. La estabilidad espacial en esta realización de la invención no significa el movimiento de ningún asociado/nodo de enlace de una ubicación a otra, ni la rotación en el lugar del dispositivo y su antena asociada, cualquiera o ambos de los cuales darían como resultado una perturbación permanente de los valores de coeficiente de matriz. Sin embargo, durante el mismo intervalo de tiempo, la CSI para el enlace 340 no es estable. Los coeficientes de matriz en t_0 y t_1 están permanentemente perturbados en el intervalo t_2 y t_3 subsecuente. Esto sugiere movimiento o rotación por parte de cualquier asociado de enlace, es decir WAP 302 o nodo 312 de estación. Sin embargo, dado que el otro enlace en el cual WAP 302 es un asociado no experimentó perturbación en el mismo intervalo, es razonable concluir que el movimiento 340C de nodo en el intervalo entre la retroalimentación de sondeo t_1 y t_2 tuvo lugar en la parte del nodo 312 de estación. Un ejemplo tal de movimiento es el movimiento 340C posicional de la estación 312 desde la posición 340A a 340B como se muestra en la figura 3A. Estas correlaciones de CSI a lo largo del tiempo con el posicionamiento de dispositivo pueden ser almacenadas como datos 307B espaciales y usadas para servicios que incluyen: cliente, centro de llamadas, o diagnóstico de técnico de servicio de cambios en el rendimiento de red o tal resolución de problemas similar.

Las figuras 3D-3F son una vista en planta, una tabla de información de estado de canal (CSI) de enlace, y diagnóstico espacial de matriz de estado de canal respectivamente de una WLAN que opera de acuerdo con una realización de la invención en la cual los sondeos de canal están correlacionados con actividad humana entre nodos de WLAN. Los sondeos de WLAN y comunicaciones de datos subsecuentes son llevados a cabo de la misma manera que en el caso de la técnica anterior, con la excepción del tratamiento de retroalimentación de sondeo de CSI. La retroalimentación de sondeo de la técnica anterior de CSI es usada para determinar las matrices de formación de haces y luego es descartada. Sin embargo, de acuerdo con la presente invención, la CSI no es descartada, sino que es almacenada y marcada en tiempo para análisis espacial subsecuente. El análisis espacial puede ser llevado a cabo en el WAP o en la "Nube" en un servidor de ordenador dedicado, por ejemplo. En cualquier caso, el análisis espacial de la CSI histórica tiene lugar sin interrumpir o alterar la actividad normal de WLAN, por ejemplo, sondeos y comunicaciones de datos.

La figura 3D es una vista en planta de la vivienda 100 en la cual se muestra el WAP 302 configurando enlaces 320 y 340 de comunicación con nodos 308 y 312 de estación inalámbrica respectivamente. Cada par de enlaces intercambia capacidades, por ejemplo, 322A-B en el enlace 320 y 342A-B en el enlace 340. A continuación, tiene lugar una solicitud y respuesta de sondeo explícito, 322C-D en el enlace 320 y 342C-D en el enlace 340. El sondeo es enviado usando

una fuerza 304 de señal de radiofrecuencia (Rf) isotrópica. Tras la recepción las estaciones receptoras determinan indicios de estas características de canal, también conocidas como CSI, y pasan estas como paquetes de respuesta de retroalimentación de sondeo, 322D, 342D, de vuelta al WAP donde son usadas inmediatamente para configurar comunicaciones de datos subsecuentes. A diferencia de la retroalimentación de sondeo de la técnica anterior la cual es descartada después de que se determinan las matrices de direccionamiento de haces para comunicaciones de datos subsecuentes, la retroalimentación de sondeo también conocida como CSI, en esta realización de la invención es almacenada en el elemento 306 de memoria como información 307A de estado de canal de enlace a partir de la cual serán calculados los datos 307B espaciales. Estos cálculos de datos espaciales ya sea que se realicen en el WAP 302 o en la 'nube', tienen lugar en paralelo con y por lo tanto sin interrumpir comunicaciones de WLAN normales.

5 Una vez que se esté almacenando CSI a lo largo del tiempo también se puede determinar cuáles enlaces o conjunto de enlaces fueron interrumpidos debido a la actividad humana. Por ejemplo, suponer que los sondeos de un enlace de WLAN son llevados a cabo a intervalos de 100ms. Si esos sondeos son interrumpidos temporalmente durante una escala de tiempo la cual correlaciona con la actividad humana, por ejemplo, se podría esperar que un humano que camina a un ritmo de 4-5 pies por segundo dentro de una vivienda en una trayectoria que intercepta un enlace de WLAN interrumpa 8-12 sondeos sucesivos del enlace. Adicionalmente, si otros enlaces son interrumpidos de manera secuencial entonces el conocimiento de cuales enlaces fueron interrumpidos por la actividad humana y cuándo, puede ser usado para estimar una trayectoria de actividad humana dentro de la vivienda en relación con los enlaces. Estos datos espaciales en cuanto a la actividad humana pueden ser explotados por Telco o Proveedor de Servicios Inalámbricos para proporcionar un rango de servicios a la vivienda que incluyen: encender y apagar aparatos o luces cuando una persona ingresa y sale de un recinto, determinar con propósitos de seguridad de vivienda si alguien está en el vivienda y si están entonces hacer sonar una alarma o notificar a la policía, y determinar para la monitorización de cuidado de personas mayores cuál es el patrón de actividad y horarios del mismo para un individuo de edad avanzada.

10 La figura 3E muestra la tabla 307A de CSI de Enlace en la cual el historial de cada información de CSI del enlace para el enlace ascendente y enlace descendente es almacenada a lo largo del tiempo, con la marca de tiempo en cuanto a cuándo fue obtenido cada registro.

15 La figura 3F muestra cómo tal información de CSI puede ser analizada para extraer datos espaciales, pertenecientes en esta realización de la invención a la actividad humana entre nodos de WLAN. Se muestra una secuencia de tiempo de matrices 324A-D, 344A-D obtenidas a partir de retroalimentación de sondeo explícito en los tiempos t_0, t_1, t_2, t_3 para los enlaces 320 y 340 respectivamente. Estas son extraídas de la tabla 307A de CSI de enlace. Las matrices tienen conteos de filas y columnas que corresponden al número de antenas de transmisión y recepción en los asociados de enlace correspondientes. Los coeficientes de cada matriz se enumeran en dB. Cada matriz corresponde al producto de Hermitiana de la matriz de canal y en sí misma. Este producto de matriz, puede ser derivado de la retroalimentación de sondeo explícito de la matriz de direccionamiento de haces "V" y la matriz de relación de señal a ruido (SNR) por tono como se especifica en el estándar IEEE 802.11ac como se muestra en la figura 6A. En realizaciones alternativas de la invención la CSI de sondeo puede consistir en la matriz de canal "H" como se especifica en el estándar IEEE 802.11n a partir de la cual también se puede determinar H^*H .

20 En el ejemplo mostrado el diagnóstico espacial procede como sigue. Durante el intervalo de tiempo de las muestras de sondeo mostradas, es decir t_0-t_4 la CSI para el enlace 340 es estable con coeficientes de matriz sustancialmente similares: c_{11} a -40 dB, c_{12} a -45 dB, c_{21} a -35 dB, c_{22} a -40 dB. Esto sugiere que no hay actividad humana entre WAP 302 y su nodo 312 de estación de asociado de enlace durante el intervalo cubierto por los sondeos agregados. Sin embargo, durante el mismo intervalo de tiempo, la CSI para el enlace 320 no es estable. Los coeficientes de matriz son perturbados temporalmente en el tiempo t_2 . La perturbación entre matrices en una secuencia puede ser determinada en una realización de la invención a partir de la suma de los cuadrados de las diferencias en los coeficientes de las dos matrices como sigue:

Perturbación de canal de enlace:

Ecuación 1

$$\Delta BC = (B_{11} - C_{11})^2 + (B_{12} - C_{12})^2 + (B_{21} - C_{21})^2 + (B_{22} - C_{22})^2$$

25 donde B y C son las matrices de canal que son comparadas, por ejemplo, matrices 324B, 324C. Si la suma ΔBC excede una cantidad umbral, asociada con variaciones normales en un canal, entonces se considera que ha tenido lugar una perturbación. La perturbación en este ejemplo es temporal dado que la perturbación de enlace ΔAD , por ejemplo, una comparación de matrices 324A, 324D, en un intervalo circundante, es cero lo que indica que no ha tenido lugar ninguna perturbación permanente durante el intervalo t_0-t_4 , solo la perturbación temporal en el tiempo t_2 como se evidencia en la magnitud de perturbación de enlace ΔBC . Estas correlaciones de CSI a lo largo del tiempo con la actividad humana entre enlaces pueden ser almacenadas como datos 307B espaciales y usadas para servicios que incluyen: vivienda inteligente, seguridad doméstica, y atención médica en vivienda, por ejemplo.

Tipos de CSI de retroalimentación de sondeo IEEE 802.11: Los estándares IEEE 802.11 especifican redes de área local inalámbricas. Las versiones más recientes de este estándar describen una función identificada como sondeo de

canal en la cual el miembro receptor de un par de enlaces pasa información de canal al transmisor del par, para mejorar transmisiones subsecuentes. La retroalimentación de sondeo que resulta de los sondeos de canal contiene CSI según lo especificado por el estándar inalámbrico correspondiente. Tradicionalmente, la CSI es usada para derivar una matriz de direccionamiento de haces la cual a su vez es usada para controlar las comunicaciones formadas por haces subsecuentes de uno de los asociados de enlace, por ejemplo, el WAP al otro asociado de enlace, por ejemplo estaciones. La ventaja de una matriz de direccionamiento de haces resulta del hecho de que tanto los asociados de enlace de transmisión como de recepción tienen más de una antena que son usadas para participar en comunicaciones de múltiple entrada múltiple salida (MIMO). Al controlar la fase y amplitud de transmisiones en cada antena, el perfil radiactivo global de las transmisiones adquiere fuerza aumentada a lo largo de la trayectoria de enlace y es reducida en otros lugares. Esto mejora las comunicaciones con el receptor sin un aumento en la potencia global requerida en el transmisor. El receptor usa su conocimiento íntimo de las características recibidas de la transmisión de sondeo del transmisor para determinar una matriz de direccionamiento de haces la cual el transmisor puede usar para mejorar las transmisiones de MIMO subsecuentes al receptor.

IEEE 802.11n El estándar IEEE 802.11n especifica la retroalimentación de sondeo en la forma de matriz de canal "H" con dimensiones de fila y columna correspondientes al número de antenas de transmisión y recepción respectivamente. Hay una matriz H para cada uno de los subcanales o tonos OFDM dentro del canal seleccionado. Tradicionalmente, la retroalimentación de sondeo solo fue usada para el cálculo inmediato de una matriz de direccionamiento de haces "V" después de lo cual fue descartada y reemplazada con la matriz de direccionamiento de haces determinada a partir del siguiente sondeo.

Sin embargo, de acuerdo con esta invención, la retroalimentación de sondeo IEEE 802.11n, es decir las matrices de canal H, también son agregadas y están sujetas a análisis adicionales para determinar: perturbación de canal, atenuación/magnitud de canal, dispersión/correlación de canal, y tiempo de vuelo como se discutirá a continuación. Uno o más de estos parámetros pueden a su vez ser correlacionados entre sí para producir datos espaciales que incluyen: Datos Espaciales Estructurales, Actividad Humana dentro de la WLAN, o cambios en la ubicación de un Dispositivo de WLAN.

IEEE 802.11ac El estándar IEEE 802.11ac especifica la retroalimentación de sondeo en la forma tanto de una matriz de direccionamiento de haces "V" como una matriz de relación señal a ruido "SNR". En otras palabras, en este estándar el receptor calcula la propia matriz de direccionamiento de haces y luego la envía de vuelta a su asociado de enlace para controlar las transmisiones de MIMO subsecuentes de la misma. La matriz H en sí misma no es parte de la retroalimentación. Cada matriz V y SNR tiene dimensiones de fila y columna que corresponden al número de antenas de transmisión y recepción respectivamente. Hay una matriz V y una SNR para cada uno de los subcanales o tonos OFDM dentro del canal seleccionado.

Las matrices V y SNR son determinadas por el receptor a partir de una descomposición de valor singular (SVD) de la matriz de canal H, como sigue:

Descomposición de valor singular de canal de enlace: Ecuación A₁

$$[H] = [U][\Sigma][V]^{\dagger}$$

donde U y V son matrices unitarias y Σ es una matriz diagonal de valores reales.

Por su propia definición estos valores de SNR por tono son simplemente versiones escaladas de los elementos diagonales de Σ . Por lo tanto, la retroalimentación de sondeo comprende dos de las tres matrices que resultan de la SVD de la matriz de canal de recepción.

Tradicionalmente, la retroalimentación de sondeo solo fue usada para impulsar comunicaciones de MIMO subsecuentes sobre las múltiples antenas del transmisor de uno de los asociados de enlace usando la matriz de direccionamiento de haces "V" suministrada como parte de la retroalimentación de sondeo. Adicionalmente, después de cada sondeo, la matriz de direccionamiento de haces fue descartada en una WLAN típica de la técnica anterior.

Sin embargo, de acuerdo con esta invención, las matrices V y SNR de retroalimentación de sondeo IEEE 802.11ac también son agregadas y están sujetas a análisis adicional para determinar: perturbación de canal, atenuación/pérdida de potencia de canal, dispersión de canal, y tiempo de vuelo como se discutirá a continuación. Uno o más de estos parámetros pueden a su vez ser correlacionados con datos espaciales que incluyen: Datos Espaciales Estructurales, Actividad Humana, o cambios en Ubicación de Dispositivo.

En una realización de la invención ese análisis está precedido por la siguiente derivación:

Transposición de matriz de canal de enlace: Ecuación A₂

$$[H]^{\dagger}[H] = [V][\Sigma]^{\dagger}[\Sigma][V]^{\dagger}$$

donde V es la matriz unitaria proporcionada en la retroalimentación de sondeo, y Σ es la versión escalada de la matriz de SNR por tono también proporcionada con la retroalimentación de sondeo.

5 La matriz H^*H puede ser usada para determinar: perturbación de canal, atenuación/pérdida de potencia de canal y dispersión/correlación de canal. Uno o más de estos parámetros pueden a su vez ser correlacionados entre sí para producir datos espaciales que incluyen: Datos Espaciales Estructurales, Actividad Humana dentro de la WLAN, o cambios en la ubicación de un dispositivo de WLAN.

Determinaciones de parámetros espaciales Una vez que se obtiene la retroalimentación de sondeo se puede determinar un número de parámetros espaciales de la misma.

10 Pérdida de potencia de un canal de enlace Dada una matriz de canal de enlace H que representa el canal de enlace de MIMO entre dos asociados de enlace, la pérdida total en potencia entre la señal transmitida desde uno de los asociados de enlace y recibida por el otro asociado de enlace expresada en términos de la matriz de canal H recibida, es dada por:

Pérdida de potencia

Ecuación 2

$$\text{Pérdida de Potencia} = -10\text{Log}_{10}(\text{Traza}(H^*H)) = -10\text{Log}_{10}\sum_{i=1}^N (H^*H)_{ii}$$

15 donde los coeficientes de H son expresados linealmente en vez de logarítmicamente y donde N es el número de elementos diagonales en la matriz. Esta pérdida de potencia en dB puede resultar de cualquiera o ambas de la distancia espacial entre los asociados de enlace o de la presencia de uno o más impedimentos estructurales, por ejemplo, una pared entre ellos. Se podría esperar que una pared residencial típica atenúe un canal de enlace entre asociados de enlace estacionarios en 10 dB.

20 En espacio libre, tal como una línea de enlace de sitio entre un WAP y una estación en el mismo recinto, la potencia de enlace se atenúa como una función de distancia aproximadamente como sigue:

Atenuación de potencia en espacio libre:

Ecuación 3

$$\text{Pérdida de Potencia} = -50 - 20\text{Log}_{10}(D)$$

25 donde D es la separación en metros de los nodos de WLAN, por ejemplo, WAP y estación, los cuales forman un enlace. Así una atenuación de 10dB corresponde a una incertidumbre en la distancia de separación de enlace de 7-10 metros para las estructuras residenciales relevantes, dependiendo de si hay o no una pared interviniente. Una forma de resolver esa incertidumbre en cuanto a si la pérdida de potencia se debe a una pared u otro impedimento estructural o se debe simplemente a la distancia que separa a los asociados de enlace, es determinar cuánta dispersión y reflexión es exhibida por el canal de enlace.

30 Dispersión exhibida por un canal de enlace La matriz de canal de enlace H contiene todo tipo de información en cuanto a las diferencias entre las trayectorias de MIMO entre las múltiples antenas del transmisor con las múltiples antenas del receptor. Geométricamente, para un transmisor con dos antenas y un receptor con dos antenas hay 4 trayectorias discretas entre el transmisor y receptor. La matriz de canal de enlace caracteriza todas estas. La dispersión del canal, por ejemplo, si es predominantemente línea de sitio (LOS) sin impedimentos estructurales o de multitrayectoria (MP) con muchos impedimentos estructurales se expresa en términos de la correlación del canal. Esto a su vez es dado por la desviación estándar sigma de los elementos diagonales del canal de enlace como sigue:

Correlación de un canal de enlace:

Ecuación 4a

$$\sigma = \text{Desviación Estándar de Traza}(H^*H) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N ((H^*H)_{ii} - \overline{(H^*H)_{ii}})^2}{N-1}}$$

40 donde los coeficientes de H se expresan linealmente en vez de en escala logarítmica, y donde $\overline{(H^*H)_{ii}}$ es la media de los valores traza. Esta desviación estándar puede ser normalizada para comparación más significativa del grado de dispersión entre canales de enlace independiente de la magnitud como sigue:

Correlación normalizada de un enlace:

Ecuación 4b

$$\hat{\sigma} = \sigma / \overline{(H^*H)_{ii}}$$

La desviación estándar normalizada puede ser usada para distinguir entre la pérdida de potencia de canal debido a un impedimento estructural con la consiguiente dispersión y reflexión, versus pérdida de canal debido a atenuación de señal debida exclusivamente a la distancia que separa a los asociados de enlace sin impedimentos estructurales intervinientes. Las desviaciones estándar más altas están asociadas con canales de enlace que son bajos en dispersión, es decir son principalmente línea de sitio y sin impedimentos estructurales intervinientes. Las desviaciones estándar más bajas están asociadas con canales de enlace con dispersión significativa y que por lo tanto pueden incluir uno o más impedimentos estructurales intervinientes. Otra forma de resolver la incertidumbre en cuanto a si la pérdida de potencia se debe a una pared u otro impedimento estructural o se debe simplemente a la distancia que separa a los asociados de enlace, es determinar el tiempo de vuelo de un enlace, el cual se correlaciona directamente con la distancia que separa los nodos de enlace, y es en gran medida independiente del grado de dispersión.

Tiempo de vuelo de un canal de enlace Cuando la retroalimentación de sondeo incluye la matriz de canal de enlace H el tiempo de vuelo del canal de enlace puede ser determinado comparando la rotación de fase entre subcanales o tonos vecinos. La rotación de fase sobre el tiempo de vuelo es dependiente de la frecuencia. Por lo tanto, un sondeo en dos tonos o subcanales vecinos transmitidos inicialmente sin desplazamiento de fase entre ellos exhibirá tras la recepción un desplazamiento de fase relativo entre los dos tonos que aumenta con el tiempo de vuelo del enlace. Dado que cada subcanal tiene una frecuencia central bien definida y donde se proporciona retroalimentación de sondeo, es decir una matriz H, para cada tono, es posible determinar el tiempo de vuelo del enlace a partir del desplazamiento de fase relativo en el sondeo de los dos tonos vecinos. Tal retroalimentación de sondeo está disponible actualmente con dispositivos compatibles con IEEE 802.11n. La primera etapa para determinar el tiempo de vuelo de un enlace es expresar los coeficientes complejos de cada una de las matrices H asociadas del tono vecino como un producto de una matriz de valor real y un escalar complejo como sigue:

Tiempo de vuelo de un canal de enlace: Ecuación 5a

$$[H] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} = e^{-j2\pi\phi} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{bmatrix}$$

donde "c" es un coeficiente complejo que expresa la fase y amplitud de una señal recibida, donde "r" es un número real, y donde phi ϕ es la rotación de fase promedio a través de todos los coeficientes complejos de un canal de enlace H para un tono o subcanal dado. Una vez que se ha determinado las rotaciones de fase promedio ϕ_1 y ϕ_2 para los tonos vecinos se procede con la siguiente etapa en la determinación.

Considerar dos tonos con frecuencias centrales f_1 y f_2 en una señal "s":

Señal en subcanales vecinos: Ecuación 5b

$$s(t) = A_1 e^{j2\pi f_1 t} + A_2 e^{j2\pi f_2 t}$$

donde A_n es el mensaje, y " f_n " es la frecuencia central, y $2\pi f_n t$ es el período de oscilación de la señal. Un canal puede tener hasta 512 tonos, pero solo se necesita mirar el par o pares vecinos que se están usando para el cálculo de retraso de fase. Los tonos vecinos usados para la comparación pueden ser adyacentes entre sí o estar separados el uno del otro.

Cuando esta señal recorre un tiempo ΔT , llega al receptor como:

Señal de llegada en subcanales vecinos: Ecuación 5c

$$s(\Delta T) = A_1 e^{j2\pi f_1 \Delta T} + A_2 e^{j2\pi f_2 \Delta T}$$

donde la fase phi en cada uno de los pares de tonos seleccionados es $\phi_1 = 2\pi f_1 \Delta T$

y $\phi_2 = 2\pi f_2 \Delta T$.

El tiempo de vuelo a lo largo del enlace puede ser determinado a partir de estas fases.

Tiempo de vuelo: Ecuación 5d

$$\Delta T = \frac{\phi_2 - \phi_1}{2\pi(f_2 - f_1)}$$

Una vez que se determina el tiempo de vuelo a lo largo del enlace, también se puede determinar la separación de los nodos que forman el enlace.

Separación de nodos de enlace: Ecuación 5e

$$D = \Delta T (c)$$

donde D es la separación en metros de los nodos de WLAN, por ejemplo, WAP y estación, los cuales forman un enlace y c es la velocidad de una señal electromagnética en el aire o aproximadamente $c = 3 \times 10^8$ m/s. Se conoce que la velocidad de señal es independiente de su frecuencia. Así que cada nanosegundo de tiempo de altura ΔT corresponde a aproximadamente 1 pie o aproximadamente 0.3048 metros de distancia entre los nodos de WLAN que forman el enlace.

Las figuras 4A-4F son una vista en planta, una tabla de CSI de enlace, y una secuencia de diagnósticos espaciales de matriz de estado de canal y datos espaciales estructurales resultantes respectivamente de una WLAN en la cual los sondeos de canal isotrópicos están correlacionados con impedimentos estructurales alrededor de nodos de WLAN.

La figura 4A es una vista en planta de una WLAN 100 residencial con un nodo 402 de WAP y nodos 408-412 de estación. La información espacial sobre la estructura y la colocación relativa de los nodos de WLAN es determinada a partir de la retroalimentación de sondeo agregada. La retroalimentación de sondeo es agregada en una tabla de CSI de enlace en el elemento 406 de memoria que está acoplado al WAP 402. Se muestran dos sondeos. El 1^{er} conjunto de sondeos son sondeos de enlace descendente desde el WAP 402 a estaciones 408, 410, 412 en los enlaces 420, 430, 440 correspondientes. Se muestran el sondeo y las respuestas 422C-D, 432C-D, 442C-D para enlaces 420, 430, 440 respectivamente. El 2^{do} conjunto de sondeos de la estación 412 incluye: un sondeo de enlace ascendente a WAP 402 y dos sondeos de enlace cruzado a estaciones 408 y 410. El sondeo de enlace ascendente en el enlace 450 a WAP 402 incluye los paquetes 452C-D de sondeo y respuesta. Un sondeo de enlace cruzado en el enlace 460 a estación 408 incluye los paquetes 462C-D de sondeo y respuesta. El otro sondeo de enlace cruzado en el enlace 470 a estación 410 incluye los paquetes 472C-D de sondeo y respuesta. Los sondeos de enlace cruzado mostrados en esta realización de la invención no interfieren con la operación normal de red, ya que ocurren simultáneamente con el sondeo de enlace ascendente normal en el enlace 440. Sin embargo, estos sondeos de enlace cruzado permiten un conjunto más rico de parámetros espaciales al añadir al grupo de CSI agregada, información espacial de enlaces que no son usados para comunicaciones de datos de usuario y así en el caso de la técnica anterior, no están sujetos a sondeos.

En una WLAN todos los enlaces siguen un paradigma de distribuidor y radio sin marco con el WAP en el distribuidor y con comunicaciones limitadas al enlace con cada estación formando un radio. En la técnica anterior no hay comunicaciones de datos de usuario ni sondeos en enlaces cruzados entre estaciones. En esta realización de la invención, a pesar de que no hay comunicaciones de datos de usuario en los enlaces cruzados entre estaciones, los sondeos de esos enlaces cruzados todavía son agregados con el fin de mejorar la calidad de la información espacial que puede ser derivada durante las operaciones de WLAN normales.

El 1^{er} y 2^{do} sondeos de WAP 402 y estación 412 respectivamente son enviados usando una fuerza 404 y 414 de señal de radiofrecuencia (Rf) isotrópica respectivamente. A diferencia de la retroalimentación de sondeo de la técnica anterior que es descartada después de que se determinan las matrices de direccionamiento de haces para comunicaciones de datos subsecuentes, la retroalimentación de sondeo también conocida como CSI, es almacenada en el elemento 406 de memoria como información 407A de estado de canal de enlace a partir de la cual serán calculados los datos 407B espaciales. Estos cálculos de datos espaciales ya sea que se realicen en el WAP 402 o en la 'nube', tienen lugar en paralelo con y por lo tanto sin interrumpir las comunicaciones de WLAN normales.

Una vez que se esté almacenando CSI a lo largo del tiempo también se puede determinar la estructura probable dentro de la cual opera la WLAN. Por ejemplo, suponer que dos nodos, por ejemplo, un nodo de WAP y un nodo de estación, de la WLAN están en el mismo recinto de la residencia. Es más probable que la retroalimentación de sondeo indique una potencia recibida más alta, y menos dispersión y reflexión de la señal de enlace de lo que sería el caso si los nodos estuvieran en diferentes recintos de la residencia. Adicionalmente si otros enlaces de WAP exhiben una potencia recibida relativamente menor y más dispersión y reflexión de la señal del enlace es más probable que las estaciones asociadas estén en un recinto diferente de la residencia que el WAP. El agregado de estos parámetros espaciales puede ser usado para estimar la relación estructural entre los nodos de WLAN y los recintos de la estructura circundante. Estos datos espaciales en cuanto a la WLAN y la residencia de la cual es una parte pueden ser explotados por Telco o Proveedor de Servicios Inalámbricos para proporcionar ya sea directamente o a través de desarrolladores de aplicaciones, un rango de servicios para la vivienda que incluyen: encender y apagar aparatos o luces cuando una persona ingresa y sale de un recinto, encender y apagar un nodo de WLAN cuando una persona ingresa y sale de un recinto, determinar con propósitos de seguridad de vivienda si alguien está en el vivienda y si están entonces hacer sonar una alarma o notificar a la policía de la intrusión y el recinto en el cual está teniendo lugar la intrusión, y determinar para la monitorización de cuidado de personas mayores cuál es el patrón de actividad y horarios del mismo para un individuo de edad avanzada en cada recinto.

La figura 4B es una tabla 407A de CSI de enlace en la cual el historial de cada información de CSI del enlace para el enlace ascendente, enlace descendente y enlaces cruzados es almacenada a lo largo del tiempo, con la marca de tiempo en cuanto a cuándo fue obtenido cada registro, y el esquema de modulación y codificación (MCS) máximo y o rendimiento soportado por el enlace en ese punto en el tiempo.

Las figuras 4C-D y figuras 4E-4F son una secuencia de diagnóstico espacial de matriz de estado de canal y datos espaciales estructurales resultantes para la WLAN en la residencia 100 después del 1^{er} y 2^{do} sondeos isotrópicos del WAP 402 y estación 412 respectivamente.

5 La figura 4C muestra la información de CSI obtenida en el 1^{er} conjunto de sondeos isotrópicos, es decir los sondeos de enlace descendente desde el WAP a las estaciones. Se muestran las matrices 422E, 432E, 442E que resultan de la CSI obtenida en estos sondeos. Cada matriz corresponde al producto H^*H de la transposición de la matriz de canal de enlace y en sí misma. Se muestran las matrices para los tres enlaces descendentes 420, 430, 440 sondeados en el 1^{er} sondeo isotrópico. Estas junto con el MCS de enlace asociado o métricas de rendimiento son extraídos de la tabla 407A de CSI de enlace. Las matrices tienen conteos de filas y columnas que corresponden al número de antenas de transmisión y recepción en los asociados de enlace correspondientes. Este producto de matriz, puede ser derivado de la retroalimentación de sondeo explícito especificada ya sea en los estándares IEEE 802.11n u 802.11ac.

10 La figura 4D muestra cómo tal información de CSI puede ser analizada para extraer datos espaciales, pertenecientes en esta realización de la invención a impedimentos estructurales de WLAN o estructura circundante. En el ejemplo que se muestra el diagnóstico espacial procede como sigue usando en este ejemplo, en aras de la simplicidad un diagnóstico de la pérdida de potencia y la correlación exhibida por el canal de enlace para determinar la estructura circundante y/o interviniente. La pérdida de potencia exhibida por el canal de enlace es determinada a partir de la traza de cada matriz H^*H como se discutió anteriormente en relación con la Ecuación 2. La cantidad de correlación exhibida por las diversas trayectorias de MIMO, es decir la cantidad de dispersión, dentro de un canal de enlace es determinada a partir de la desviación estándar de la traza de cada matriz H^*H como se discutió anteriormente en relación con las Ecuaciones 4a-b. Cada enlace descendente se muestra junto con su pérdida de potencia asociada en decibelios (dB) y correlación normalizada, también conocida como coeficiente de desviación estándar. Los tres enlaces descendentes etiquetados a-b, a-c y a-d corresponden a los enlaces 420, 430, 440 respectivamente como se muestra en la figura 4A. El enlace descendente 420, referenciado como a-b, exhibe una pérdida de potencia de -78dB y una desviación estándar normalizada de 0.32 ambas derivadas de la matriz 422E. El enlace descendente 430, referenciado como a-c, exhibe una pérdida de potencia de -56dB y una desviación estándar normalizada de 1.41 ambas derivadas de la matriz 432E. El enlace descendente 440, referenciado como a-d, exhibe una pérdida de potencia de -72dB y una desviación estándar normalizada de 0.16 ambas derivadas de la matriz 442E.

15 Sobre la base del 1^{er} conjunto de parámetros espaciales de sondeos los nodos de WLAN asociados con el enlace a-c, es decir WAP 402 y estación 410 son identificados provisionalmente como que residen en un único recinto 490A de la estructura 100. El enlace entre estos nodos de WLAN exhibe la menor pérdida de potencia, es decir la mayor fuerza de señal y la menor dispersión, es decir la desviación estándar más alta de todos los enlaces. Por el contrario, la pérdida de potencia relativamente mayor y el mayor grado de dispersión asociados con los enlaces restantes sugieren que los nodos de destino de enlace asociados 408, también conocido como "b", y 412, también conocido como "d" no están en el mismo recinto con el WAP 402 o la estación 410. Así al final del 1^{er} conjunto de sondeos las estaciones 20 408 y 412 son identificadas como que residen en el recinto 490B, separadas del WAP 402 y estación 410 los cuales están en el otro recinto 490A. Después del 1^{er} conjunto de sondeos isotrópicos existe una ambigüedad o incertidumbre considerable en cuanto a las estructuras circundantes de cada nodo de WLAN. No se conoce por ejemplo si los nodos de estación 408, también conocidos como "b", y 412, también conocidos como "d" están en el mismo recinto. Esta ambigüedad al menos se resuelve después del segundo conjunto de sondeos tomados por la estación 412.

25 La figura 4E muestra la información de CSI obtenida en el 2^{do} conjunto de sondeos isotrópicos, es decir los sondeos de enlace ascendente y enlace cruzado de la estación 412. Se muestran las matrices 452E, 462E, 472E que resultan de la CSI obtenida en estos sondeos. Se muestran las matrices para un enlace ascendente 450 y dos sondeos isotrópicos de enlace cruzado 460, 470. Estas junto con el MCS de enlace asociado o métricas de rendimiento son extraídos de la tabla 407A de CSI de enlace. Las matrices tienen conteos de filas y columnas que corresponden al número de antenas de transmisión y recepción en los asociados de enlace correspondientes. Este producto de matriz, puede ser derivado de la retroalimentación de sondeo explícito especificada ya sea en los estándares IEEE 802.11n u 802.11ac.

30 La figura 4F muestra cómo puede ser analizada tal información de CSI adicional para refinar los datos espaciales en cuanto a los impedimentos estructurales de WLAN o estructura circundante obtenida en el 1^{er} conjunto de sondeos. Cada enlace ascendente y enlace cruzado se muestra junto con su pérdida de potencia asociada en decibelios (dB) y correlación normalizada, también conocida como coeficiente de desviación estándar. El enlace ascendente y el par de enlaces cruzados etiquetados d-a, d-b y d-c corresponden a enlaces 450, 460, 470 respectivamente como se muestra en la figura 4A. El enlace ascendente 450, referenciado como d-a, exhibe una pérdida de potencia de -73dB y una desviación estándar normalizada de 0.16 ambas derivadas de la matriz 452E. El enlace cruzado 460, referenciado como d-b, exhibe una pérdida de potencia de -89dB y una desviación estándar normalizada de 0.16 ambas derivadas de la matriz 462E. El enlace cruzado 470, referenciado como d-c, exhibe una pérdida de potencia de -75dB y una desviación estándar normalizada de 0.16 ambas derivadas de la matriz 472E.

35 Sobre la base del 2^{do} conjunto de parámetros espaciales del sondeo los nodos de WLAN asociados con el enlace d-b, es decir estación 412 y estación 408 son identificados como que residen en recintos 490C y 490E separados de la estructura 100. El enlace entre estos nodos de WLAN exhibe la mayor pérdida de potencia, es decir la menor fuerza de señal (89dB) y entre los niveles más altos de dispersión, es decir la desviación estándar más baja (0.16) de todos

los enlaces. Adicionalmente, ninguna de estas estaciones reside en el mismo recinto 490D que ya sea la estación 410 o WAP 402 según se determinó después de los 1^{os} sondeos. Adicionalmente, la pérdida de potencia relativamente menor sobre el enlace d-a (-73dB) en comparación con el enlace d-c (-75dB) indica que el WAP 402 está en el lado del recinto 490D más cerca de la estación 412 mientras que la estación 410 probablemente esté en el otro lado más distante del recinto. Así después del 1^{er} y 2^{do} conjuntos de sondeos isotópicos los impedimentos espaciales y alrededores de los nodos de WLAN han sido resueltos en gran medida. Las ambigüedades espaciales restantes, si las hay, pueden estar relacionadas con la disposición de los dispositivos en cada recinto en un espacio bidimensional o tridimensional. La realización de la invención mostrada en las siguientes figuras 4G-I permite que estas ambigüedades sean resueltas, sin interrumpir las comunicaciones o protocolos de WLAN normales.

Los sondeos hasta este punto han sido referenciados como isotrópicos ya que idealmente la fuerza de señal de sondeo de cada nodo de WLAN, es decir estación o WAP, incluyendo los equipados con más de una antena, e incluyendo los que soportan múltiple entrada múltiple salida (MIMO) es uniforme en todas las direcciones. Esa caracterización de sondeo incluye cada subcanal o tono que constituye el canal de comunicación en el cual está teniendo lugar el sondeo. Así los sondeos que han sido discutidos hasta este punto también pueden ser caracterizados además como homogéneos ya que la fuerza de señal de sondeo de canal es isotrópica al igual que la fuerza de señal de cada subcanal o tono individual del mismo.

Las figuras 4G-4I son una vista en planta, y diagnóstico espacial de matriz de estado de canal y datos espaciales estructurales resultantes respectivamente de una WLAN en la cual un sondeo de canal incluye subcanales seleccionados en los cuales el perfil de radiación es anisotrópico con el fin de mejorar la precisión de los datos espaciales estructurales.

La figura 4G introduce una realización de la invención que incluye un sondeo heterogéneo. El sondeo heterogéneo del canal incluye una mezcla de tonos con fuerzas de señal isotrópicas y anisotrópicas. En la realización mostrada en la figura 4G la mayoría de los tonos o subcanales son sondeados de manera isotrópica, es decir sondeados con fuerzas de señal que son idealmente uniformes en todas las direcciones. Los restantes seleccionados de los tonos o subcanales OFDM son sondeados usando matrices de formación de haces para impulsar el arreglo de antenas de tal manera que se impartan fuerzas de señal anisotrópicas que exhiben una direccionalidad distinta al sondeo en cada uno de los tonos seleccionados. Por ejemplo, de los 56 tonos que comprenden un canal de 20MHz de IEEE 802.11ac típico, cuatro de los tonos o subcanales, por ejemplo, tonos con índices 0, 14, 28, y 42, son en esta realización de la invención sondeados usando matrices de direccionamiento de haces las cuales imparten una direccionalidad azimutal distinta a la fuerza de señal de Rf de cada uno, por ejemplo 0°, 90°, 180°, 270° respectivamente. El conjunto de tonos seleccionados para el sondeo anisotrópico típicamente será distribuido de manera uniforme a lo largo de los 56 tonos restantes que continuarán siendo sondeados con fuerzas de señal isotrópicas. Los tonos anisotrópicos mejorarán la precisión de la correlación entre la CSI de los sondeos de canal y las características espaciales de la WLAN tal como los impedimentos estructurales entre los nodos de WLAN. La eficacia de las comunicaciones formadas por haces subsecuentes no será afectada negativamente incluso en los tonos que fueron sondeados de manera anisotrópica, debido a que las matrices de direccionamiento de haces para dichos tonos serán interpoladas a partir de las matrices de direccionamiento de haces para los tonos vecinos sondeados de manera isométrica. La derivación de matrices de direccionamiento de haces para dichos tonos tendrá suficiente precisión dado el cambio limitado en las características de subcanal entre tonos adyacentes.

La direccionalidad de fuerza de señal distinta que es impartida por el arreglo de antenas de MIMO a cada uno de los tonos seleccionados para el sondeo anisotrópico es determinada usando cálculos estandarizados de pesos y fases para el arreglo en fase de antenas en el nodo de WLAN en cuestión, por ejemplo, WAP o estación como sigue.

Direccionalidad de arreglo en fase: El sondeo enviado en cada antena incluirá ajustes específicos de antena, por ejemplo, un factor de ponderación complejo, a la fase y amplitud de cada sondeo de tal manera que la señal de sondeo compuesta en el tono o subcanal dado exhibirá interferencia constructiva entre sondeos de cada antena en la dirección deseada e interferencia destructiva en todos los otros.

Tomar el caso de un arreglo lineal de antenas espaciadas a 1/2 de la longitud de onda de la frecuencia central del canal. El factor de arreglo (AF) es una función dependiente solo de la geometría del arreglo y el direccionamiento de haces, es decir amplitud y fase, aplicadas a sus elementos individuales. La siguiente función es el factor de arreglo AF para un arreglo lineal de antenas cada una espaciada de la otra a lo largo de una línea coincidente con el eje x a 1/2 de la longitud de onda de la frecuencia central del canal:

Factor de arreglo para arreglo lineal:

Ecuación 6a

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} e^{jn\pi(\cos\theta_a - \cos\theta)}$$

donde n es el índice de cada antena y θ_d es el ángulo azimutal al cual el arreglo debe ser direccionado y θ es el ángulo azimutal al cual la fuerza de señal debe ser determinada. El peso W_n que va a ser aplicado a cada elemento del arreglo lineal para direccionar el arreglo en la dirección deseada es:

Pesos para cada antena de arreglo lineal:

Ecuación 6b

$$W_n = e^{jn\pi(\cos\theta_d)}$$

5

La figura 4G es una vista en planta del sondeo heterogéneo en una WLAN 100 residencial con el nodo 402 de WAP y los nodos 408-412 de estación. El nodo de WAP incluye un arreglo de antenas, por ejemplo 2 antenas 403A, 403B separadas por una distancia 403C de aproximadamente $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda de la frecuencia central del canal. Los sondeos heterogéneos de acuerdo con esta realización de la invención pueden ser llevados a cabo en nodos de WLAN compatibles con IEEE 802.11 que tienen 2 o más antenas y que soportan la formación de haces. Información espacial sobre la estructura y la colocación relativa de los nodos de WLAN es determinada a partir de la retroalimentación de sondeo agregada. La retroalimentación de sondeo es agregada en la tabla 407A de CSI de enlace en el elemento 406 de memoria que está acoplado al WAP 402. Los datos 407B espaciales serán calculados a partir de esta retroalimentación de sondeo agregada. Estos cálculos de datos espaciales ya sea que se realicen en el WAP 402 o en la 'nube', tienen lugar en paralelo con y por lo tanto sin interrumpir las comunicaciones de WLAN normales.

10

15

Se muestra un único sondeo de enlace descendente heterogéneo. Se muestran los tonos o subcanales 405 individuales que constituyen el canal OFDM. Para un canal de 20 Mhz 56 tonos o subcanales constituyen el canal OFDM. Los tonos o subcanales seleccionados que tienen índices: 0, 14, 28, y 42 están sujetos a sondeos anisotrópicos discretos. Se muestran las huellas de señal de Rf anisotrópicas asociadas y ángulos azimutales: 404B a 0° para tono 0, 404C a 90° para tono 14, 404D a 180° para tono 28. No se muestra la huella restante para el tono 42 a 270° . Los tonos o subcanales restantes tienen cada uno una huella 404A de señal de Rf de sondeo isotrópico.

20

25

30

El sondeo de enlace descendente es usado para caracterizar todos los enlaces 420, 430, 440 de WAP 402 a las estaciones 408, 410, 412 respectivamente. Se muestran el sondeo y respuestas 422C-D, 432C-D, 442C-D para los enlaces 420, 430, 440 respectivamente. El sondeo anisotrópico mostrado en esta realización de la invención en los seleccionados de los tonos o subcanales no interfiere con la operación normal de red, ya que se produce simultáneamente con el sondeo isométrico normal de los tonos restantes en el canal. Sin embargo, estos sondeos anisotrópicos en subcanales o tonos seleccionados proporcionan un conjunto más rico de parámetros espaciales al añadir al grupo de CSI agregada, información espacial derivada de la direccionalidad discreta de la fuerza de señal de sondeo de cada uno de los tonos seleccionados. Los subcanales sondeados de manera anisotrópica pueden ser usados solos o en combinación con los subcanales sondeados de manera isotrópica restantes para la determinación de información espacial.

35

40

La figura 4H muestra la información de CSI obtenida en el único sondeo de enlace descendente heterogéneo desde el WAP hasta las estaciones. Se muestran las matrices para los anisotrópicos seleccionados de los tonos 405 en cada uno de los enlaces. Se muestran las matrices $422E_0, 422E_{14}, 422E_{28}, 422E_{42} H^*H$, medidas directa o indirectamente por la estación 408 receptora para el enlace 420 para los tonos que tienen índices 0, 14, 28, y 42. Se muestran las matrices $432E_0, 432E_{14}, 432E_{28}, 432E_{42} H^*H$, medidas por la estación 410 receptora para el enlace 430 para los tonos que tienen índices 0, 14, 28, y 42. Se muestran las matrices $442E_0, 442E_{14}, 442E_{28}, 442E_{42} H^*H$, medidas por la estación 412 receptora para el enlace 440 para los tonos que tienen índices 0, 14, 28, y 42. Cada matriz corresponde al producto H^*H de la transposición de la matriz de canal de enlace y en sí misma según se determine por la estación receptora. Estas matrices junto con el MCS de enlace asociado o métricas de rendimiento son extraídas de la tabla 407A de CSI de enlace. Las matrices tienen conteos de filas y columnas que corresponden al número de antenas de transmisión y recepción en los asociados de enlace correspondientes. Este producto de matriz, puede ser derivado directa o indirectamente de la retroalimentación de sondeo explícito especificada ya sea en los estándares IEEE 802.11n u 802.11ac.

45

50

55

La figura 4I muestra cómo puede ser analizada tal información de CSI para extraer datos espaciales, pertenecientes en esta realización de la invención a impedimentos estructurales de WLAN o estructura circundante. En el ejemplo mostrado el diagnóstico espacial procede como sigue usando en este ejemplo, en aras de la simplicidad un diagnóstico de la pérdida de potencia y correlación exhibida por el canal de enlace para determinar la estructura circundante o interviniente. La pérdida de potencia exhibida por el canal de enlace es determinada a partir de la traza de cada matriz H^*H como se discutió anteriormente en relación con la Ecuación 2. La cantidad de correlación exhibida por las diversas trayectorias de MIMO, es decir la cantidad de dispersión, dentro de un canal de enlace es determinada a partir de la desviación estándar de la traza de cada matriz H^*H como se discutió anteriormente en relación con las Ecuaciones 4a-b. Cada enlace descendente se muestra junto con su pérdida de potencia asociada en decibelios (dB). En aras de la simplicidad la pérdida de potencia se muestra solo para tres de los cuatro subcanales que son sondeados discretamente de manera anisotrópica. En orden están las pérdidas de potencia en dB para tonos que tienen índices: 28, 14 y 0 sondeados en ángulos azimutales de $180^\circ, 90^\circ,$ y 0° respectivamente en relación con el WAP.

5 El enlace 420 entre el WAP 402 (a) y estación 408 (b) se muestra como exhibiendo una pérdida de potencia de -69dB en el subcanal con el índice 28 sondeado de manera anisotrópica a un ángulo azimutal de 180°. El enlace 420 también exhibe una pérdida de potencia de -78dB en el subcanal con índice 14 sondeado de manera anisotrópica en un ángulo azimutal de 90°. El enlace 420 también exhibe una pérdida de potencia de -87dB en el subcanal con el índice 0 sondeado de manera anisotrópica en un ángulo azimutal de 0°. Con base solo en la pérdida de potencia relativa y la dirección asociada del sondeo anisotrópico asociado, la adición de vectores es usada para determinar la orientación espacial probable de la estación 408 (b) de WLAN con un ángulo azimutal de 160° en relación con el WAP 402. La magnitud de la atenuación en potencia a 180° sugiere una pared interviniente que indica que la estación 408 está en un recinto 490A diferente del WAP en el recinto 490B.

10 El enlace 430 entre WAP 402 (a) y estación 410 (c) se muestra como exhibiendo unas pérdidas de potencia de -74dB, -53dB y -76dB en los subcanales con índices 28, 14, 0, sondeados de manera anisotrópica en ángulos azimutales de 180°, 90°, 0° respectivamente. La adición de vectores es usada para determinar la probable orientación espacial de la estación 410 (c) de WLAN con un ángulo azimutal de 110° en relación con el WAP 402. La modesta atenuación en potencia a 90° sugiere una ausencia de obstáculos o estructura a lo largo de este enlace indicando que la estación 410 está en el mismo recinto 490B que el WAP.

15 El enlace 440 entre WAP 402 (a) y estación 412 (d) se muestra como exhibiendo unas pérdidas de potencia de -87dB, -82dB y -64dB en los subcanales con índices 28, 14, 0, sondeados de manera anisotrópica en ángulos azimutales de 180°, 90°, 0° respectivamente. La adición de vectores es usada para determinar la probable orientación espacial de la estación 412 (d) de WLAN con un ángulo azimutal de 35° en relación con el WAP 402. La considerable atenuación en potencia a 0° sugiere una pared interviniente a lo largo de este enlace indicando que la estación 412 está en un recinto 490C diferente del WAP.

20 En otras realizaciones de la invención la información espacial adicional puede ser derivada a partir de la retroalimentación de sondeo de CSI tal como las cantidades relativas de dispersión o correlación exhibidas por cada canal de enlace en respuesta a cada uno de los sondeos anisotrópicos discretos. En otra realización de la invención tanto la CSI derivada de sondear la isotrópica junto con los subcanales sondeados de manera anisotrópica pueden ser usados para las determinaciones estructurales. En otra realización de la invención la retroalimentación de sondeo de CSI indicativa del ángulo de recepción, es decir la matriz V , puede ser usada para refinar además la determinación espacial.

25 Las figuras 5A-5C son diagramas de intercambio de datos de sondeo que muestran sondeos explícitos, no solicitados e implícitos respectivamente sobre un enlace entre dos nodos 500, 502 de WLAN de acuerdo con una realización de la presente invención. Ambos nodos 500,502 de WLAN tienen múltiples antenas y formación de haces de soporte.

30 La figura 5A muestra una secuencia de sondeo Explícito. El sondeo explícito es iniciado en el tiempo t_0 con transmisiones de sondeo por el nodo 500 de WLAN que puede ser un WAP o un nodo de estación. El sondeo es llevado a cabo en un seleccionado de los canales de comunicación disponibles para la WLAN. La primera de estas transmisiones de sondeo es un anuncio de paquete de datos nulo (NDPA) (no se muestra) que anuncia los nodos objetivo para el sondeo. Este paquete de anuncio es seguido de un paquete de datos nulo (NDP) 510. Tanto el NDPA como los paquetes de NDP son enviados usando una fuerza 508 de señal de R_f isotrópica. Ni el NDPA ni el NDP contienen ningún dato de usuario tal como vídeo o audio, por ejemplo. Estos paquetes están explícitamente dedicados a solicitar un sondeo del canal de enlace. El encabezado 510A del NDP contiene un Campo de Entrenamiento Largo de Muy Alto Rendimiento, también conocido como VHT-LTF, que el receptor 502 usa para caracterizar el canal de enlace H . El nodo 502 receptor que puede ser un WAP o una estación determina el canal de enlace H_n , donde "n" es el índice de subcanal, para cada uno de los tonos o subcanales OFDM del canal seleccionado. Se muestran los canales para los primeros tres tonos H_0, H_1, H_2 referenciados como 512A-C. El nodo receptor enviará entonces en el tiempo t_1 la información de estado de canal (CSI) asociada de vuelta al nodo 500 en un paquete 520 de retroalimentación de sondeo. Si la retroalimentación de sondeo se ajusta al estándar IEEE 802.11n, incluirá la matriz H para cada subcanal o tono. Si la retroalimentación de sondeo se ajusta al estándar IEEE 802.11ac, incluirá la matriz V y SNR para cada subcanal o tono. El receptor 502 determina estas matrices realizando una descomposición de valor singular (SVD) en la matriz H para cada subcanal o tono como se muestra en la Ecuación A1. La matriz de SNR como se discutió anteriormente es derivada escalando la matriz Σ de la SVD. Tras la recepción del paquete 520 de retroalimentación de sondeo el nodo 500 de WLAN procesa la retroalimentación y determina (IEEE 802.11n) o lee (IEEE 802.1ac) la matriz V de la misma. El nodo 500 de WLAN determina la matriz V_n , donde "n" es el índice de subcanal, para cada uno de los tonos o subcanales OFDM del canal seleccionado. Se muestra la matriz V para los primeros tres tonos V_0, V_1, V_2 referenciados como 522A-C. Estas matrices V , también conocidas como las matrices de direccionamiento de haces, que inician en el tiempo t_2 , son usadas para direccionar por haces la fuerza 528 de señal de R_f de los paquetes 530 de datos de usuario subsecuentes y encabezados 530A de paquete transmitidos hacia el nodo 502 de WLAN receptor. La CSI de la retroalimentación de sondeo explícito también es agregada en el WAP o en la "Nube" para el análisis espacial subsecuente.

35 La figura 5B muestra una secuencia de sondeo no solicitada de acuerdo con una realización de la invención. La principal distinción de las cuales es que los sondeos no solicitados no son iniciados por el trasmisor. En vez de esto la retroalimentación de sondeo no es solicitada y se produce en instancias de la estación receptora durante las comunicaciones normales de datos de usuario formadas por haces cuando los cambios en el canal recibido justifican

la prealimentación de los cambios por el nodo de WLAN receptor al nodo de WLAN transmisor. El sondeo en sí mismo se hace posible por el hecho de que todos los paquetes transmitidos sobre la WLAN incluyen el campo de VHT-LTF. Como se discutió anteriormente, el VHT-LTF, también conocido como campo de sondeo, contiene conocidos o predefinidos: modulación, número de flujos, y secuencia de bits que el dispositivo receptor analiza tras la recepción para determinar los cambios del mismo que provocó el canal de enlace, por ejemplo, debilitamiento, atenuación, y desplazamiento de fase. El receptor está usando constantemente este campo para determinar para cada subcanal la matriz de canal H asociada para usar para desmodular los datos de usuario recibidos durante las comunicaciones normales.

En el tiempo t_0 el nodo 500 transmisor se muestra participando en comunicaciones normales de transmisión de MIMO formadas por haces 538 de un paquete 540 de datos de usuario y el encabezado 540A asociado al nodo 502 receptor. Las comunicaciones son llevadas a cabo en el seleccionado de los canales de comunicación disponibles para la WLAN. El encabezado 540A de cada paquete de datos de usuario contiene un Campo de Entrenamiento Largo de Muy Alto Rendimiento, también conocido como VHT-LTF, el cual el receptor 502 usa para caracterizar el canal de enlace H. El nodo 502 receptor que puede ser un WAP o una estación determina el canal de enlace H_n , donde "n" es el índice de subcanal, para cada uno de los tonos o subcanales OFDM del canal seleccionado. Se muestran los canales para los primeros tres tonos H_0, H_1, H_2 referenciados como 542A-C. Si la estación receptora determina con base en una comparación con el análisis de canal de enlace previo que el canal de enlace H ha cambiado significativamente entonces el nodo 502 de WLAN prealimentará la información de CSI en el paquete 550 en el tiempo t_1 al nodo 500 transmisor. En una realización de la invención la prealimentación de sondeo también puede ser enviada directamente a la entidad de agregación para los datos espaciales, por ejemplo, el WAP o el servidor u otra entidad de procesamiento de ordenador asociada con la "Nube". Si la prealimentación de sondeo se ajusta al estándar IEEE 802.11n, incluirá la matriz H para cada subcanal o tono. Si la retroalimentación de sondeo se ajusta al estándar IEEE 802.11ac, incluirá la matriz V y SNR para cada subcanal o tono. Tras la recepción del paquete 550 de prealimentación de sondeo el nodo 500 de WLAN procesa la prealimentación y determina (IEEE 802.11n) o lee (IEEE 802.11ac) la matriz V de la misma. El nodo 500 de WLAN determina la matriz V_n , donde "n" es el índice de subcanal, para cada uno de los tonos OFDM o subcanales del canal seleccionado. Se muestra la matriz V para los primeros tres tonos V_0, V_1, V_2 referenciados como 552A-C. Estas matrices V, también conocidas como las matrices de direccionamiento de haces, que inician en el tiempo t_2 , son usadas para ajustar el direccionamiento de haces de la fuerza 558 de señal de R_f de los paquetes 560 de datos de usuario subsecuentes y encabezados 560A de paquete transmitidos hacia el nodo 502 de WLAN receptor. La CSI de la retroalimentación de sondeo no solicitada también es agregada en el WAP o en la "Nube" para el análisis espacial subsecuente.

La figura 5C muestra una secuencia de sondeo Implícita. En el tiempo t_0 está teniendo lugar la comunicación normal formada por haces 568 de los paquetes 570 de datos de usuario. Según el estándar IEEE 802.11 la recepción de cada paquete de datos de usuario recibido es reconocida con la transmisión de un paquete 580 de "ACK" desde el nodo 502 de WLAN al nodo 500 de WLAN. En el tiempo t_1 el nodo 500 WLAN realiza un sondeo de canal inverso usando el campo de VHT-LTF en el encabezado 580A del paquete de ACK. El nodo 500 de WLAN usa esta CSI para caracterizar el canal de enlace H directo desde el nodo 500 de WLAN al nodo 502 de WLAN. El nodo 500 de WLAN determina las correspondientes matrices 582A-C de direccionamiento de haces realizando una SVD del mismo para cada tono o subcanal. Estas matrices 582A-C V, también conocidas como las matrices de direccionamiento de haces, que inician en el tiempo t_2 , son usadas para direccionar por haces la fuerza 588 de señal de R_f de los paquetes 590 de datos de usuario subsecuentes y encabezados 590A de paquete transmitidos hacia el nodo 502 de WLAN receptor. La CSI del sondeo implícito también es agregada en el WAP o en la "Nube" para análisis espacial subsecuente. En otra realización de la invención la retroalimentación de sondeo de CSI indicativa de la potencia en la señal recibida, por ejemplo, el indicador de fuerza de señal recibida (RSSI), puede ser usada para refinar además la determinación espacial.

La figura 6 es un diagrama de sistema de diversos tipos de datos espaciales derivados de sondeos de canal de WLAN y a los cuales a su vez se puede acceder mediante un rango de aplicaciones que dan servicio a las necesidades de suscriptores residenciales y comerciales. Se muestra una residencia 600A con una WLAN que incluye nodos inalámbricos a-d, típicamente un WAP y estaciones. A medida que los nodos de WLAN llevan a cabo sus sondeos de canal asociados con la formación de haces de MIMO para la comunicación de datos de usuario, agregan la información de CSI de los sondeos a lo largo del tiempo en vez de descartarla. La agregación de CSI, por ejemplo, las matrices 604 de canal de enlace H pueden tener lugar en el WAP, o en la nube. En esta realización de la invención la agregación tiene lugar en Telco o Proveedor de Servicios de Internet (ISP) 610, acoplado al Internet 612. La CSI de los sondeos de los enlaces es almacenada en una tabla 614 de CSI de enlace en un elemento de memoria o elemento de almacenamiento en el servidor de Telco o ISP para procesamiento por un procesador asociado en el mismo. La tabla de CIS también puede incluir una marca de tiempo para cada canal de enlace que indica su tiempo de recolección y el MCS asociado o rendimiento soportado en el enlace asociado en ese momento, así como la dirección de rendimiento.

En una realización de la invención los canales de enlace son analizados para perturbaciones 616 en los coeficientes de canal. Los enlaces asociados con las perturbaciones permanentes son analizados individualmente 620 tanto antes de 622A como después 622B de la perturbación permanente para identificar cualquier nodo de WLAN sujeto a desplazamiento como se discutió anteriormente en relación con las figuras 3A-C. El desplazamiento de nodo puede tomar la forma de un cambio en la ubicación física del nodo o su reorientación cualquiera de los cuales dará como

resultado cambios permanentes significativos en las matrices de canal de enlace asociadas. Si fue desplazado un nodo de WLAN, el tiempo de su desplazamiento junto con el cambio en el rendimiento antes y después del desplazamiento es almacenado en la tabla 650 de datos espaciales. En el ejemplo mostrado, el nodo inalámbrico "c" por ejemplo un nodo de estación, es desplazado más lejos del nodo "d" y más cerca al nodo "b".

5 Los enlaces asociados con las perturbaciones temporales en los canales de enlace son analizados individualmente 630 para determinar si las perturbaciones son consistentes con la actividad humana en la residencia, y si es así la trayectoria de la actividad. Las perturbaciones en los tiempos t_0 , t_1 , t_2 a los enlaces b-c, b-d, b-a respectivamente están correlacionadas con la actividad 632A-C humana en la residencia y se determina una trayectoria 634 de esa actividad a través de los enlaces de WLAN como se discutió anteriormente en relación con las figuras 3D-F. El tiempo y trayectoria de esta actividad humana y o las perturbaciones temporales de los enlaces asociados son almacenados como registros en la tabla 650 de datos espaciales.

10 En otra realización de la invención las magnitudes de canales de enlace, correlación y dispersión, tiempo de vuelo son analizados 618. Estos parámetros son correlacionados 640 con la disposición de nodo e impedimentos estructurales dentro o alrededor de los nodos de WLAN como se discutió anteriormente en relación con las figuras 4A-I. En el ejemplo que se muestra los nodos "a" y "c" son determinados para estar en el mismo recinto 642B de la residencia en entre los recintos 642A y 642C asociados con los nodos "b" y "d" respectivamente. Esta información de disposición y estructural es almacenada en la tabla 650 de datos espaciales en el servidor de Telco o ISP o base de datos en la nube.

15 En una realización de la invención los datos espaciales se ponen a disposición de los desarrolladores de terceros a través de interfaces de programación de aplicaciones (APIs) 660. Esto permite a los desarrolladores crear aplicaciones 662 orientadas al propietario para: servicio de WLAN, seguridad de vivienda, vivienda inteligente, y monitorización de salud dentro de cada residencia 600B del propietario. Los datos espaciales pueden ser útiles para diagnosticar problemas con la operación de WLAN dado que una de las causas de tales problemas puede ser el movimiento de un nodo de dispositivo desde una ubicación en la cual el rendimiento fue aceptable, a una nueva ubicación en la cual se experimentan interrupciones de servicio. Los datos espaciales pueden ser útiles en escenarios de seguridad de vivienda tal como determinar la presencia de un intruso en la vivienda. Los datos espaciales pueden ser usados en escenarios de viviendas inteligentes tal como encender o apagar dispositivos o servicios dependiendo de la presencia o ausencia de un humano en un recinto de la residencia. Los datos espaciales también pueden ser útiles para la monitorización de salud de una persona de edad avanzada en una vivienda para seguir su actividad, o determinar si ha tenido una caída. Cada una de estas potenciales aplicaciones orientadas al consumidor usa como su cimiento los datos espaciales agregados desde la propia residencia del propietario desde su WLAN sin interrumpir o degradar la función normal de comunicación de WLAN.

Las figuras 7A-7C son diagramas de bloques de hardware de diversos dispositivos configurados para ejecutar el diagnóstico espacial de una red doméstica inalámbrica de acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención.

20 La figura 7A muestra un procesador 700 y elemento de memoria o módulo 712 de almacenamiento configurado para ejecutar código 716 de programa de análisis espacial asociado con un módulo 702 analizador espacial de WLAN. El código de programa puede estar configurado para ejecutarse en un único dispositivo o de manera cooperativa en uno o más dispositivos de anfitrión. El módulo analizador espacial incluye: un generador 704 de sondeos, un agregador 706 de sondeo, un correlacionador 708 espacial, una API 709 de desarrollador, y un control 710 de acceso. Además del código de programa, el módulo de almacenamiento incluye: registros 714 de CSI de enlace, datos 715 espaciales, y registros 718 de identificación de WLAN y suscriptor.

25 En operación el generador 704 de sondeos controla sondeos explícitos y no solicitados. Para sondeos explícitos controla la temporización y generación del sondeo, así como las estaciones direccionadas para una respuesta de retroalimentación de sondeo. En realizaciones de la invención donde el sondeo isotrópico incluye tonos o subcanales seleccionados con huellas de señal de Rf anisotrópicas la selección de los tonos sondeados de manera anisotrópica y la determinación de su direccionalidad distinta es controlada por el generador de sondeos. Para sondeos no solicitados el generador de sondeos controla la determinación de cuando el cambio de canal justifica la prealimentación de CSI de canal de enlace, así como el envío real de esa CSI de sondeo de prealimentación.

30 El agregador 706 de sondeo controla la agregación de prealimentación y retroalimentación de sondeo de CSI de enlace ascendente, enlace descendente, y enlace cruzado y el almacenamiento de los registros de CSI asociados en el almacenamiento 712 como registros 714 de CSI de canal de enlace.

35 El correlacionador 708 espacial correlaciona CSI de los sondeos de canal explícitos o no solicitados con características espaciales de la WLAN que incluyen al menos uno de: un cambio en ubicación de un nodo de WLAN, actividad humana entre los nodos de WLAN, e impedimentos estructurales entre los nodos de WLAN. El correlacionador espacial almacena los datos 715 espaciales resultantes en el almacenamiento 712. El correlacionador espacial en una realización de la invención correlaciona perturbaciones a lo largo del tiempo en la CSI de enlaces de WLAN con al menos uno de: un cambio en ubicación de un nodo de WLAN asociado y la actividad humana a través de enlaces de WLAN. En otra realización de la invención el correlacionador espacial correlaciona al menos uno de: magnitudes, tiempo de vuelo, y propiedades de multitrayectoria de la CSI de los enlaces de WLAN con los impedimentos

estructurales para las comunicaciones en dichos enlaces. En una realización de la invención el correlacionador espacial determina perturbaciones en la CSI evaluando cambios a lo largo del tiempo en los coeficientes de matriz de canal de enlace de acuerdo con la Ecuación 1. En una realización de la invención el correlacionador espacial determina la pérdida de potencia en un canal de enlace como la magnitud de la traza de la matriz que resulta de la multiplicación del canal de enlace Hermitiana y en sí mismo, es decir H^*H , de acuerdo con la Ecuación 2. En una realización de la invención el correlacionador espacial determina la cantidad de dispersión exhibida por un canal de enlace como la desviación estándar de la traza de la matriz que resulta de la multiplicación del canal de enlace Hermitiana y en sí mismo, es decir H^*H , de acuerdo ya sea con la Ecuación 4a o 4b. En una realización de la invención el correlacionador espacial determina el tiempo de vuelo de un canal de enlace determinando tanto la diferencia en la rotación de fase promedio de dos subcanales o tonos OFDM vecinos del canal de enlace junto con la diferencia en la frecuencia central de los dos subcanales de acuerdo con las Ecuaciones 5a-e.

El módulo 709 de API de desarrollador proporciona las APIs para acceder a los datos espaciales incluyendo una plantilla de manifiesto que incluye los archivos, características y permisos requeridos por la aplicación asociada. El módulo 710 de control de acceso a Aplicación gobierna un acceso a aplicación a los datos espaciales. Esto incluye la correlación de los permisos de archivo de manifiesto, la identificación del usuario de aplicación, y la WLAN propiedad del usuario de aplicación con los datos espaciales correspondientes. El módulo de control de acceso a aplicación usa la tabla 718 de identificadores de suscriptores y WLAN para hacer estas determinaciones.

La figura 7B muestra un punto de acceso inalámbrico (WAP) 720 configurado como un dispositivo de anfitrión dentro de una residencia 100 que da servicio a una WLAN 766 que incluye la estación 768 inalámbrica. El WAP soporta comunicaciones discretas con una estación 768 o comunicaciones concurrentes de múltiple entrada múltiple salida con múltiple usuario (MU-MIMO) con múltiples estaciones. El WAP 720 en esta realización de la invención es identificado como un WAP de 2x2 que soporta hasta 2 flujos de comunicación discretos "a", "b" sobre dos antenas 764. El WAP 720 incluye: el procesador 700 y almacenamiento 712; un bus 724, una etapa 730 de WLAN que incluye una etapa 732 de banda base, una etapa 762 de radiofrecuencia (Rf) y antenas 764. La etapa de RF de WAP soporta uno o más protocolos de red de área local inalámbrica (WLAN) IEEE 802.11. El WAP también incluye un módem 722 para acoplar a través de cobre o fibra a un Proveedor de Servicios de Internet (ISP) 780. El procesador además de soportar la funcionalidad de WAP IEEE 802.11 también ejecuta el código de programa que proporciona la funcionalidad de diagnóstico espacial como se discutió en relación con la figura 7A.

En la etapa 732 de banda base las comunicaciones transmitidas para el usuario/estación 768 están codificadas y encriptadas en el módulo 750 encriptador codificador y son demultiplexadas en dos flujos en el demultiplexor 752. Cada flujo "a", "b" está sujeto a intercalación y mapeo de constelaciones en un mapeador 754 intercalador asociado y pasado al mapeador 756 espacial. El mapeador espacial usa una matriz 755 de direccionamiento de haces determinada a partir de un sondeo isotrópico previo del enlace con la estación 768 para direccionar las comunicaciones subsecuentes al mismo. La matriz de direccionamiento de haces especifica ajustes específicos de fase y amplitud para las comunicaciones en cada antena diseñada para direccionar las comunicaciones salientes hacia la estación receptora. Hay una matriz de direccionamiento de haces discreta para cada uno de los tonos o subcanales OFDM. Los flujos combinados "ab" son inyectados en cada uno de los tonos o subcanales 758A-B OFDM de los módulos 760A-B de Transformada discreta inversa de Fourier (IDFT) respectivamente. Cada módulo de IDFT está acoplado a través de circuitería de conversión de manera ascendente asociada en la etapa 762 de Rf a una asociada del par de antenas 764. Durante los sondeos Explícitos no hay direccionamiento de haces, en vez de esto la fuerza de señal de radiación de Rf es la misma en todas las direcciones.

En la Etapa 762 de Rf las comunicaciones recibidas "ab" en cada una de las dos antenas 764 del usuario/estación 768 son convertidas de manera descendente y suministradas como entrada a la etapa 732 de banda base. En la etapa de banda base las comunicaciones recibidas son transformadas luego del tiempo al dominio de frecuencia en los módulos 734A-B de Transformada discreta de Fourier (DFT) desde los cuales son emitidas como tonos/subportadores/subcanales 736A-B discretos multiplexados por división de frecuencia ortogonal (OFDM). Todos los flujos recibidos están sujetos entonces a equalización en el equalizador 738. Los flujos recibidos "ab" están sujetos a desintercalación y desmapeo de constelaciones en los módulos 740 desmapeadores desintercaladores asociados, seguido de multiplexación en el multiplexor 742. Los datos recibidos "ab" son decodificados y descryptados en el descryptador 744 decodificador.

La figura 7C muestra un Telco o ISP 780 que tiene un servidor 782 configurado como un dispositivo de anfitrión y acoplado al Internet 784. El servidor incluye el procesador 700 y almacenamiento 712: un bus 786, un módulo 788 de entrada/salida (E/S) para hacer interfaz con un usuario, un módulo 790 de red para acoplar a una red, una memoria 792 principal para almacenar y ejecutar código 716 de programa y datos, una memoria 794 de solo lectura para almacenar código de programa de arranque. El procesador además de soportar la funcionalidad de servidor también ejecuta el código de programa que proporciona una funcionalidad diagnóstica espacial como se discutió en relación con las figuras 7A. En una realización de la invención el WAP 720 realiza agregación inicial de la información de CSI de sondeo de todos los nodos de WLAN y el servidor realiza la agregación y análisis final de la información de CSI para cada una de las WLANs con las cuales está asociado Telco o ISP. En otra realización de la invención todas las estaciones, así como el WAP envían la CSI de sondeo a la que tienen acceso directamente al servidor 782 para la agregación y diagnóstico espacial.

Las figuras 8A-8B son diagramas de flujo de procesos de procesos asociados con la derivación y utilización de diagnóstico espacial a partir de sondeos de canal de WLAN de acuerdo con una realización de la invención. En el proceso 800 de decisión se hace una determinación en cuanto a si los siguientes sondeos de enlace descendente, enlace ascendente, o enlace cruzado han tenido lugar en la WLAN. Si es así entonces el control pasa al proceso 802.

5 En el proceso 802 la CSI de canal de enlace que resulta de los sondeos de MIMO explícitos o no solicitados de cualquiera o todos los enlaces de WLAN es agregada después de cualquier uso normal asociado con la operación 'normal' de la WLAN. No tiene lugar agregación en sondeos de la técnica anterior. En vez de esto, en el uso 'normal' de retroalimentación de sondeo de canal de sondeos explícitos en operaciones de WLAN de la técnica anterior, la retroalimentación de sondeos es usada exclusivamente por el nodo transmisor para actualizar la matriz de
10 direccionamiento de haces para comunicaciones subsecuentes en el enlace asociado y luego es descartada. Por el contrario, todos los sondeos en esta realización de la invención también son agregados subsecuentemente de manera central en el WAP o en el servidor en la "Nube" para análisis espacial subsecuente. En una realización de la invención la agregación comienza en una estación con la recolección de CSI de canal de enlace de los sondeos de enlace ascendente o enlace cruzado con el suministro subsecuente de la CSI de canal de enlace al WAP o directamente a la
15 "nube" por ejemplo un servidor de Telco o ISP. En otra realización de la invención la agregación comienza en el WAP con la recolección de CSI de canal de enlace de los sondeos de enlace descendente y enlace ascendente. En cualquier realización de la invención la agregación puede ser realizada exclusivamente en el WAP o de manera cooperativa entre el WAP y la "Nube" en un servidor acoplado al WAP a través de una conexión de banda ancha por cable o inalámbrica al ISP o Telco que da servicio a la WLAN asociada con el WAP. El siguiente control es pasado a procesos
20 802.

En el bloque de procesos 804 tiene lugar la correlación espacial del canal de enlace agregado. El primero de los procesos en este bloque es el proceso 806 de decisión. En el proceso 806 de decisión se hace una determinación en cuanto al tipo de análisis de sondeo requerido. Si el análisis de sondeo es histórico el control es pasado al proceso
25 808. En el proceso 808 las tendencias históricas en la CSI de canal de enlace son evaluadas de los sondeos agregados de enlace descendente, enlace ascendente y enlace cruzado. La evaluación incluye si ha tenido lugar una perturbación del canal de enlace asociado y si es así cuándo y de qué tipo, por ejemplo, temporal o permanente. Las perturbaciones son determinadas evaluando los cambios a lo largo del tiempo en los coeficientes de matriz de canal de enlace de los sondeos asociados.

A continuación, en el proceso 810 de decisión se hace una determinación en cuanto a si las perturbaciones que son
30 evaluadas son temporales o permanentes. El procesamiento de perturbaciones permanentes comienza en el proceso 812 en el cual las perturbaciones de canal de enlace permanente son correlacionadas con cambios en ubicación u orientación de un dispositivo de WLAN o nodo como se discutió anteriormente en relación con las figuras 3A-C. A continuación, en el proceso 814 cualquier cambio en el rendimiento del enlace asociado se indica antes y después del cambio en ubicación u orientación del nodo de WLAN. A continuación, en el proceso 816 los datos espaciales
35 correspondientes en cuanto a los nodos de WLAN reubicados o reorientados son almacenados como datos de nodos de WLAN espaciales para la WLAN asociada.

Alternativamente, si en el proceso 810 de decisión de perturbación se hace una determinación de que las perturbaciones que son evaluadas son temporales el control es pasado al proceso 820. En el proceso 820 el procesamiento de perturbaciones temporales de un canal de enlace es correlacionado con la actividad humana dentro
40 o a través de los enlaces asociados como se discutió anteriormente en relación con las figuras 3D-F. A continuación, en el proceso 822 son usados los tiempos de perturbación de diferentes enlaces para determinar una trayectoria prospectiva de actividad humana en relación con los enlaces de WLAN. A continuación, en el proceso 824 los datos espaciales correspondientes en cuanto a la actividad humana dentro de la residencia servida por los nodos de WLAN son almacenados como datos de actividad espacial para la WLAN asociada.

Alternativamente, si en el proceso 806 de decisión de análisis de sondeo se hace una determinación de que se debe
45 realizar análisis de sondeo en estado estable entonces el control pasa al proceso 830. Las etapas asociadas con el análisis de sondeo en estado estable pueden ser realizadas simultáneamente con o subsecuente al análisis de sondeo histórico, con cada una mejorando la precisión de la otra. El análisis en estado estable comienza con el proceso 830 en el cual la CSI de canal de enlace asociada con cada sondeo de enlaces es evaluada para: magnitud de la potencia de canales de enlace o fuerza de señal, el tiempo de vuelo asociado con el enlace y las propiedades de dispersión o
50 multitrayectoria del canal de enlace. En una realización de la invención la pérdida de potencia en un canal de enlace es determinada a partir de la magnitud de la traza del producto del Canal de enlace Hermitiana y en sí mismo, es decir H^+H . En una realización de la invención el tiempo de vuelo del al menos un enlace es determinado como proporcional al cociente de la diferencia de rotación de fase dividida por la diferencia de frecuencia de dos subcanales OFDM
55 vecinos del canal de comunicación seleccionado. Los tonos vecinos pueden ser adyacentes entre sí o estar separados el uno del otro por uno o más tonos o subcanales intervinientes. En una realización de la invención la dispersión de un canal de enlace es determinada a partir de la desviación estándar de la traza del producto del Canal de enlace Hermitiana y en sí mismo, H^+H . Después de que hayan sido completadas estas evaluaciones el control es pasado al proceso 832.

60 En el proceso 832 se realiza una evaluación adicional cuando y si los sondeos en general isotrópicos asociados con la CSI de canal de enlace incluían un subconjunto seleccionado de tonos o subcanales OFDM que fueron sondeados

de manera anisotrópica. Si es así, entonces el discreto direccionalmente asociado con el sondeo de cada tono dentro de estos subcanales es evaluado y usado para mejorar la precisión de la correlación en la siguiente etapa 834.

5 En el proceso 834 los parámetros de sondeo descritos anteriormente evaluados en los procesos 830-832 son correlacionados con la disposición prospectiva de nota e impedimentos estructurales incluyendo el entorno estructural. En un extremo mínimo del canal de enlace: pérdida de potencia, dispersión, y tiempo de vuelo, son correlacionados con nodos de enlace en el mismo recinto o estructura entre sí. Por el contrario, en otros extremos máximos de canal de enlace: pérdida de potencia, dispersión, y tiempo de vuelo son correlacionados con nodos de enlace en recintos diferentes del uno del otro y están separados por una o más paredes dependiendo de la cantidad de pérdida de potencia y dispersión. Adicionalmente donde un canal de enlace exhibe pérdida de potencia sin dispersión se hace una corrección en cuanto a la distancia que separa los nodos de enlace. Por el contrario, donde un canal de enlace exhibe pérdida de potencia con dispersión significativa se hace una correlación en cuanto a impedimentos estructurales entre los nodos de enlace. Donde los tonos seleccionados del sondeo asociado fueron sondeados direccionalmente la dirección del sondeo es correlacionada con la disposición relativa de los nodos en este y otros enlaces sujetos al sondeo. Esto mejora la precisión de la disposición de nodo y correlaciones de impedimentos estructurales. A continuación, en el proceso 836 los datos espaciales correspondientes en cuanto a la disposición de nodo de WLAN e impedimentos estructurales incluyendo estructuras circundantes son almacenados como datos estructurales espaciales para la WLAN asociada.

20 Después de que hayan sido completadas todas las formas de correlación espacial los datos espaciales asociados son almacenados en el proceso 840 con identificadores para la propiedad o estructura asociada, por ejemplo, una direccionamiento postal, y para el propietario o suscriptor asociado de la WLAN, por ejemplo el nombre del suscriptor y número de cuenta. Estos datos espaciales luego se pueden poner a disposición de los desarrolladores de aplicaciones para numerosas Aplicaciones espaciales residenciales y comerciales tales como: diagnóstico de WLAN, seguridad de vivienda, monitorización de atención médica, control de servicios domésticos inteligentes, cuidado de personas mayores, etc.

25 La figura 8B es un diagrama de flujo de procesos de procesos asociados con una realización de la invención para utilizar diagnóstico espacial de sondeos de canal de WLAN como se muestra en la figura 8A. El procesamiento comienza en el proceso 860 con el aprovisionamiento de un conjunto estandarizado de interfaces de programación de aplicaciones (API) para que los desarrolladores de aplicaciones usen aplicaciones que requieren acceso programático a los datos espaciales almacenados. Además de las APIs se requiere que cada Aplicación tenga un archivo de manifiesto que enumere las funciones de la aplicación, los archivos requeridos para la aplicación, y los privilegios de acceso requeridos por la Aplicación. Estos privilegios de acceso son desplegados al usuario de la Aplicación, por ejemplo, el propietario, antes de habilitar la aplicación. Entonces, por ejemplo, si el propietario desea dar acceso solo a datos espaciales de nodo de WLAN y no a Datos Espaciales de Actividad Humana entonces el propietario puede hacer esta elección antes de la instalación y o activación de la Aplicación asociada. A continuación, el control es pasado al proceso 862 de decisión en el cual se hace una determinación en cuanto a si una aplicación dada está haciendo una solicitud de los datos espaciales almacenados. Si es así, entonces el control es pasado al proceso 864 en el cual se determina la identificación del usuario de la aplicación asociada con la solicitud. A continuación, en el proceso 866 la identificación del usuario y los privilegios de acceso al manifiesto de la aplicación solicitante son correlacionados con los datos espaciales asociados para la WLAN del usuario. El control es entonces pasado al proceso 868 en el cual se proporcionan los datos espaciales relevantes en respuesta a la solicitud de API.

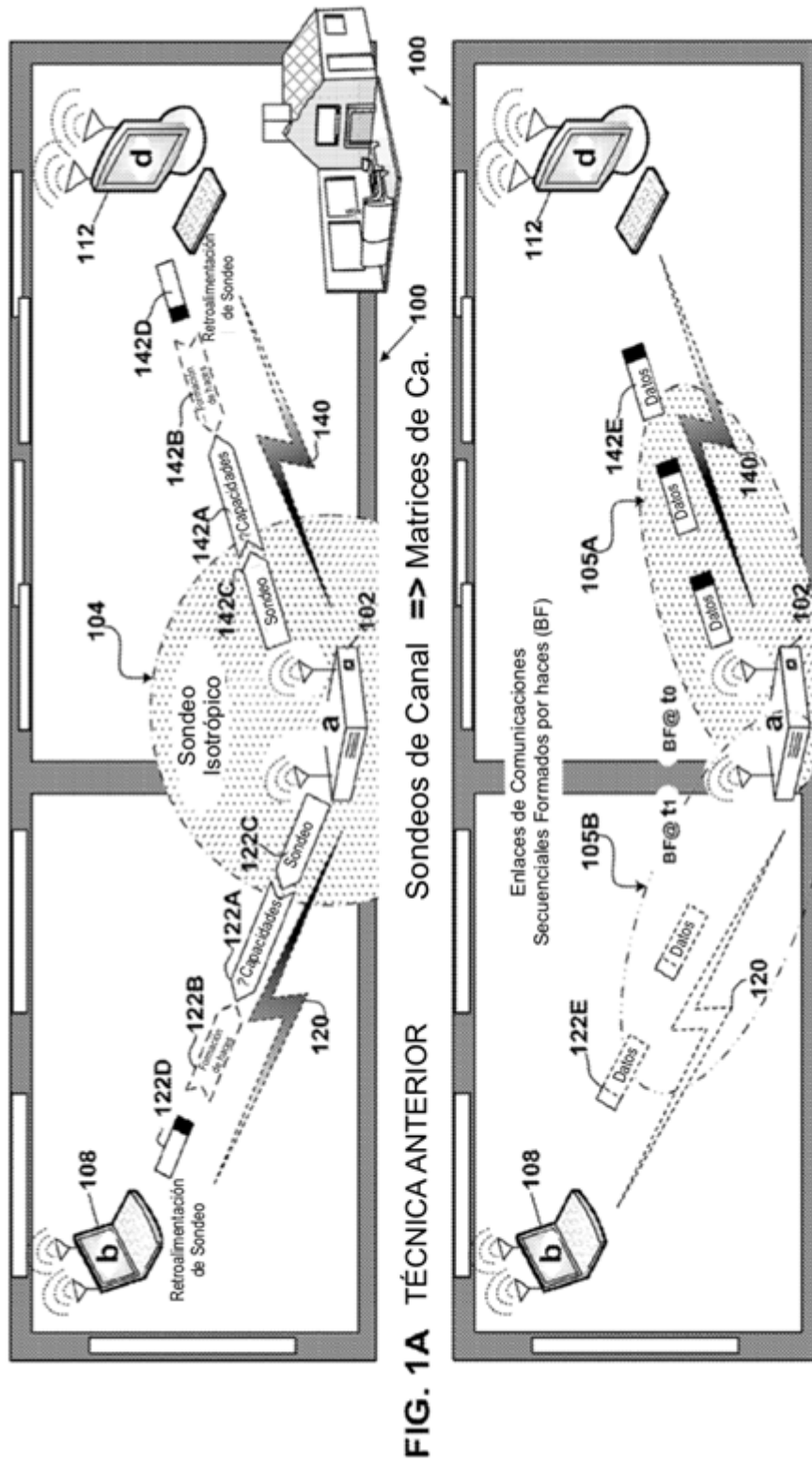
Los componentes y procesos divulgados en este documento pueden ser implementados en un software, hardware, firmware, o una combinación de los mismos incluyendo software de código de programa, un elemento de memoria para almacenar el software de código de programa y un procesador para ejecutar el software de código de programa, sin apartarse del alcance de la invención Reivindicada.

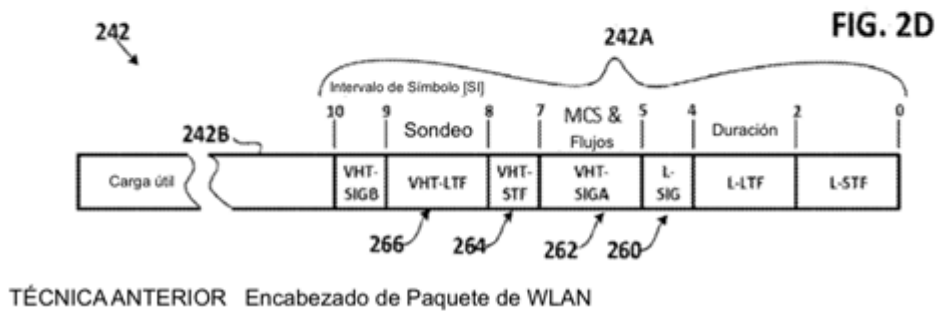
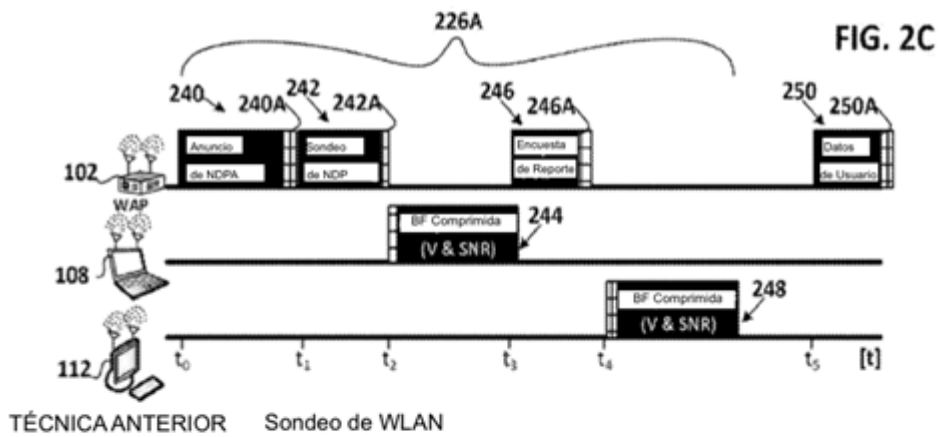
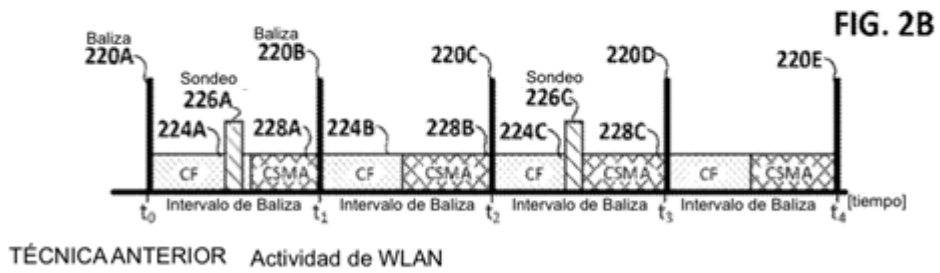
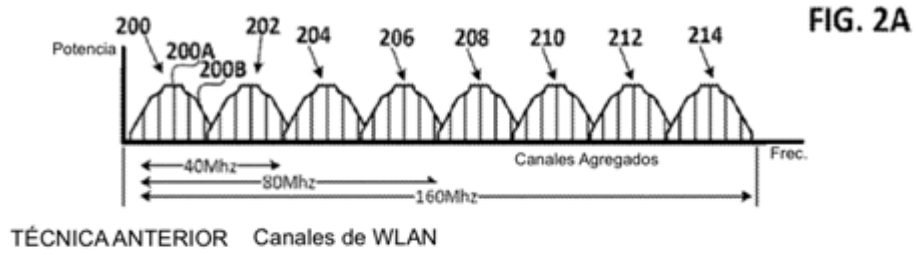
45 La invención ha sido presentada con propósitos de ilustración y descripción. No está prevista para ser exhaustiva ni para limitar la invención a las formas precisas divulgadas. Obviamente muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los profesionales expertos en esta técnica. Está previsto que el alcance de la invención sea definido mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de diagnóstico para el diagnóstico espacial de una red de área local inalámbrica, WLAN, y comprendiendo el sistema de diagnóstico:
- 5 un agregador (706) de sondeos configurado para agregar información de estado de canal, CSI, de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, de sondeos de canal de cada uno de una pluralidad de enlaces (320, 340, 420, 450, 440) de comunicación en la WLAN entre un punto de acceso inalámbrico, WAP, nodo y un respectivo nodo (308, 312, 408, 410, 412) de estación diferente asociado y para almacenar registros (712) de la CSI en cada enlace de comunicación durante su operación normal, por lo que los registros incluyen CSI de sondeos previos de cada enlace de comunicación; y
- 10 un correlacionador (708) espacial acoplado al agregador de sondeos y configurado para correlacionar los registros de la CSI de los respectivos sondeos de canal previos de cada enlace de comunicación con las características espaciales de la WLAN incluyendo una identificación de uno de los nodos de estación sujetos a desplazamiento, con base en perturbaciones a lo largo del tiempo en los registros de la CSI de un enlace de comunicación entre el nodo de estación sujeto a desplazamiento y el nodo de WAP.
- 15 2. El sistema de diagnóstico de la Reivindicación 1, que comprende además:
- un generador (704) de sondeos configurado para generar sondeos de canal de MIMO que exhiben fuerza de señal anisotrópica.
3. El sistema de diagnóstico de la Reivindicación 2, en donde:
- 20 el generador de sondeos está configurado para generar sondeos de canal de MIMO heterogéneos que exhiben una mezcla de fuerza de señal isotrópica y anisotrópica en unos seleccionados entre subcanales multiplexados por división de frecuencia ortogonal, OFDM, de un canal de comunicación inalámbrica.
4. El sistema de diagnóstico de la Reivindicación 1, en donde:
- el agregador (706) de sondeos está configurado para agregar CSI de al menos uno de: sondeos explícitos, sondeos no solicitados, o sondeos implícitos de los enlaces de comunicación de WLAN; o
- 25 el agregador (706) de sondeos está configurado además para agregar desde sondeos de canal de enlace ascendente entre un primer nodo (412) de estación y el nodo (402) de WAP, CSI para enlace cruzado de comunicación entre el primer nodo de estación y al menos otro nodo (408, 410) de estación.
5. El sistema de diagnóstico de la Reivindicación 1, en donde la CSI agregada por el agregador incluye al menos uno de: una matriz de direccionamiento de haces de MIMO "V", una matriz de canal de MIMO "H"; o un indicador de fuerza de señal recibida, RSSI.
- 30 6. El sistema de diagnóstico de la Reivindicación 1, integral con al menos uno de: el nodo (302, 402) de WAP; o un servidor de ordenador acoplado al nodo (302, 402) de WAP.
7. El sistema de diagnóstico de la Reivindicación 1, en donde el correlacionador (708) espacial está configurado además para correlacionar las perturbaciones a lo largo del tiempo en los registros de la CSI de cada enlace de comunicación entre el nodo (302, 402) de WAP y un nodo (308, 312, 408, 410, 412) de estación asociado con actividad humana a través de los enlaces (320, 340, 420, 430, 440) de comunicación.
- 35 8. Un método para el diagnóstico espacial de una red de área local inalámbrica, WLAN, y comprendiendo el método:
- agregar información de estado de canal, CSI, de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, de sondeos de canal de cada uno de una pluralidad de enlaces (320, 340, 420, 450, 440) de comunicación en la WLAN entre un nodo (302, 402) de punto de acceso inalámbrico, WAP, y un respectivo nodo (308, 312, 408, 410, 412) de estación diferente asociado en la WLAN;
- 40 almacenar registros (712) de la CSI de cada enlace de comunicación durante su operación normal por lo que los registros incluyen CSI de sondeos previos de cada enlace de comunicación; y
- 45 correlacionar los registros de CSI de los respectivos sondeos de canal previos de cada enlace de comunicación con características espaciales de la WLAN incluyendo una identificación de uno de los nodos de estación sujetos a desplazamiento, con base en perturbaciones a lo largo del tiempo en los registros de la CSI de un enlace de comunicación entre el nodo de estación sujeto a desplazamiento y el nodo de WAP.
9. El método de la Reivindicación 8, en donde el acto de correlación comprende además al menos uno de los actos de:

- determinar el tiempo de vuelo del al menos un enlace a partir de una diferencia de rotación de fase y una diferencia de frecuencia entre dos subcanales OFDM vecinos del canal de comunicación seleccionado; o
- correlacionar las perturbaciones a lo largo del tiempo en los registros de la CSI de cada enlace de comunicación entre el nodo (302, 402) de WAP y un nodo (308, 312, 408, 410, 412) de estación asociado con la actividad humana a través de los enlaces (320, 340, 420, 430, 440) de comunicación.
- 5
10. El método para el diagnóstico espacial de una WLAN de la Reivindicación 9, que comprende además al menos uno de los actos de:
- generar sondeos de canal de MIMO los cuales exhiben fuerza de señal anisotrópica;
- 10 generar sondeos de canal de MIMO los cuales exhiben fuerza de señal anisotrópica en unos seleccionados de los subcanales multiplexados por división de frecuencia ortogonal, OFDM, de un canal de comunicación inalámbrica; o
- generar sondeos de canal de MIMO heterogéneos los cuales exhiben una mezcla de fuerzas de señal isotrópicas y anisotrópicas entre subcanales OFDM de un canal de comunicación inalámbrica.
11. El método para el diagnóstico espacial de una WLAN de la Reivindicación 9, en donde el acto de agregación comprende además al menos uno de los actos de:
- 15 agregar CSI a partir de sondeos explícitos en los cuales una fuente de un par de nodos de WLAN transmite una solicitud de sondeo explícito a un objetivo del par de nodos y recibe del mismo la CSI correspondiente;
- agregar CSI a partir de sondeos no solicitados en los cuales un receptor de un par de nodos de WLAN transmite CSI a un transmisor de un par de nodos, por su iniciativa propia y sin una solicitud de sondeo iniciadora;
- 20 agregar CSI a partir de sondeos implícitos en los cuales un receptor de un par de nodos de WLAN transmite un paquete de reconocimiento "ACK" de recibo de paquete a un transmisor de un par de nodos el cual realiza un análisis de canal inverso del mismo;
- agregar a partir de CSI de sondeos de canal para enlaces de comunicación entre el nodo de WAP y cada nodo de estación que se comunica con el mismo; o
- 25 agregar a partir de sondeos de canal de enlace ascendente entre un primer nodo (412) de estación y el nodo (402) de WAP, CSI de enlace cruzado entre el primer nodo de estación y al menos otro nodo de estación.
12. El método para el diagnóstico espacial de una WLAN de la Reivindicación 9, en donde la CSI agregada en el acto de agregación incluye al menos uno de: una matriz de direccionamiento de haces de MIMO "V"; una matriz de canal de MIMO "H"; o un indicador de fuerza de señal recibida, RSSI.
13. El método para el diagnóstico espacial de una WLAN de la Reivindicación 9, que comprende además:
- 30 realizar los actos de agregación y correlación en al menos uno de: el nodo (302, 402) de WAP; o un servidor de ordenador accesible sobre el Internet.
14. El método para el diagnóstico espacial de una WLAN de la Reivindicación 8, que comprende además:
- almacenar datos espaciales que corresponden con las características espaciales correlacionadas en el acto de correlación; y
- 35 proporcionar una interfaz de programación de aplicaciones, API, para acceder de manera programática a los datos espaciales almacenados en el acto de almacenamiento.
15. Un programa de ordenador, que comprende instrucciones las cuales, cuando el programa es ejecutado por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14.





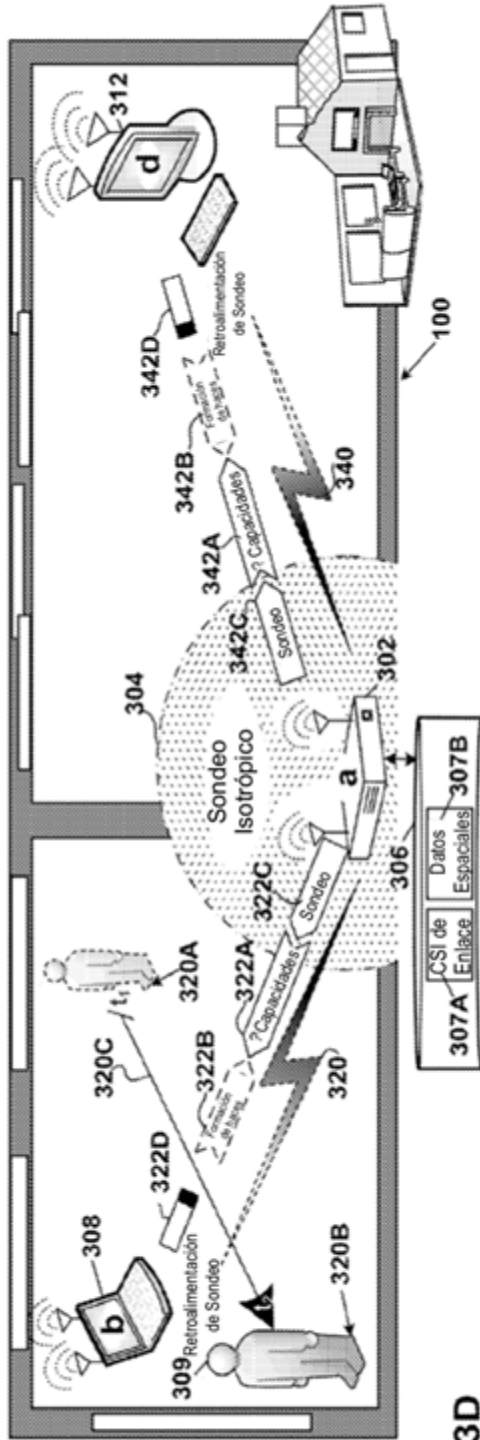
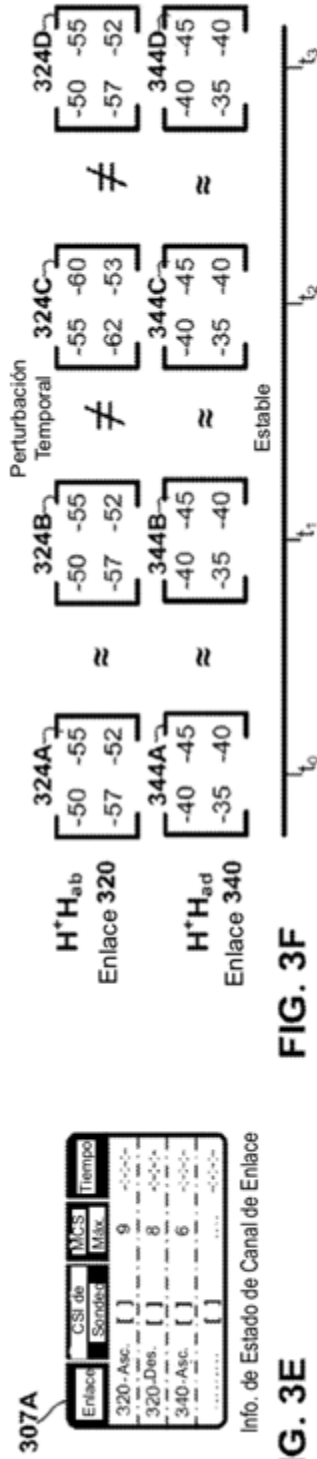


FIG. 3D

Historia de Matriz de Sondeo Usada para Identificar Actividad entre Nodos de WLAN
 Enlace AB (Perturbado Temp. Δ) => Movimiento Humano a través de Sondeos de enlace AB



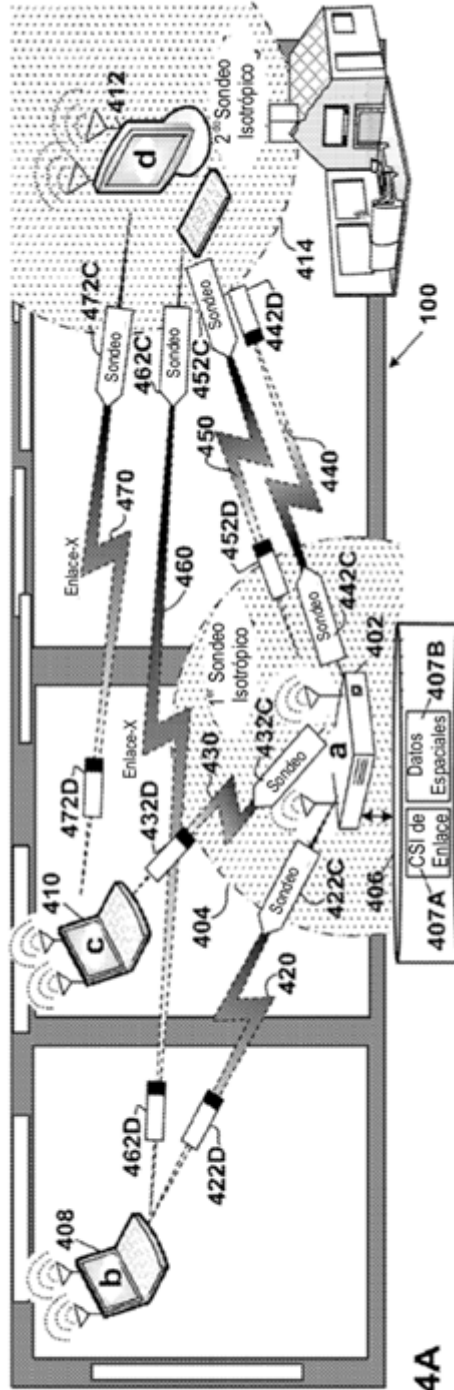


FIG. 4A

Matrices de Sondeo de Enlace Agregado y Enlace-X Identifican Estructura que Rodea Nodos de WLAN

1^{er} Sondeo Isotrópico

1^{er} & 2^o Sondeo Isotrópico

407B

| Enlace | CSI de Sondeo | MCS | Max | Tiempo |
|----------|---------------|-----|-----|--------|
| 420-Asc. | () | | 9 | ... |
| 420-Des. | () | | 9 | ... |
| 430-Asc. | () | | 6 | ... |
| ... | () | | | ... |

Info. de Estado de Canal de Enlace

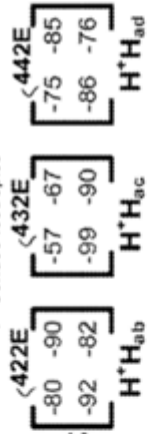


FIG. 4C

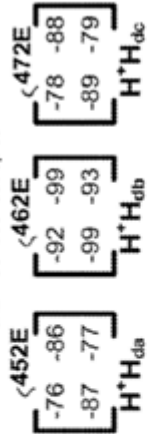


FIG. 4E

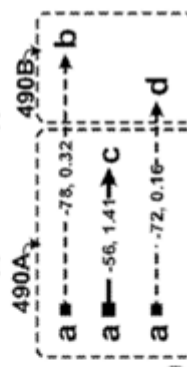


FIG. 4D

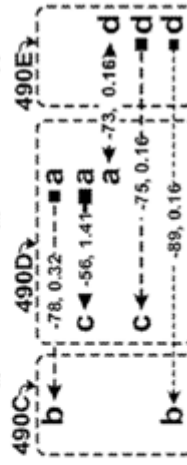


FIG. 4F

Estructura Inferida 1^{er} Sondeo Isotrópico (Enlace Descendente)

Estructura Inferida después de 2^o Sondeo Isotrópico (enlaceX en Enlace ascendente)

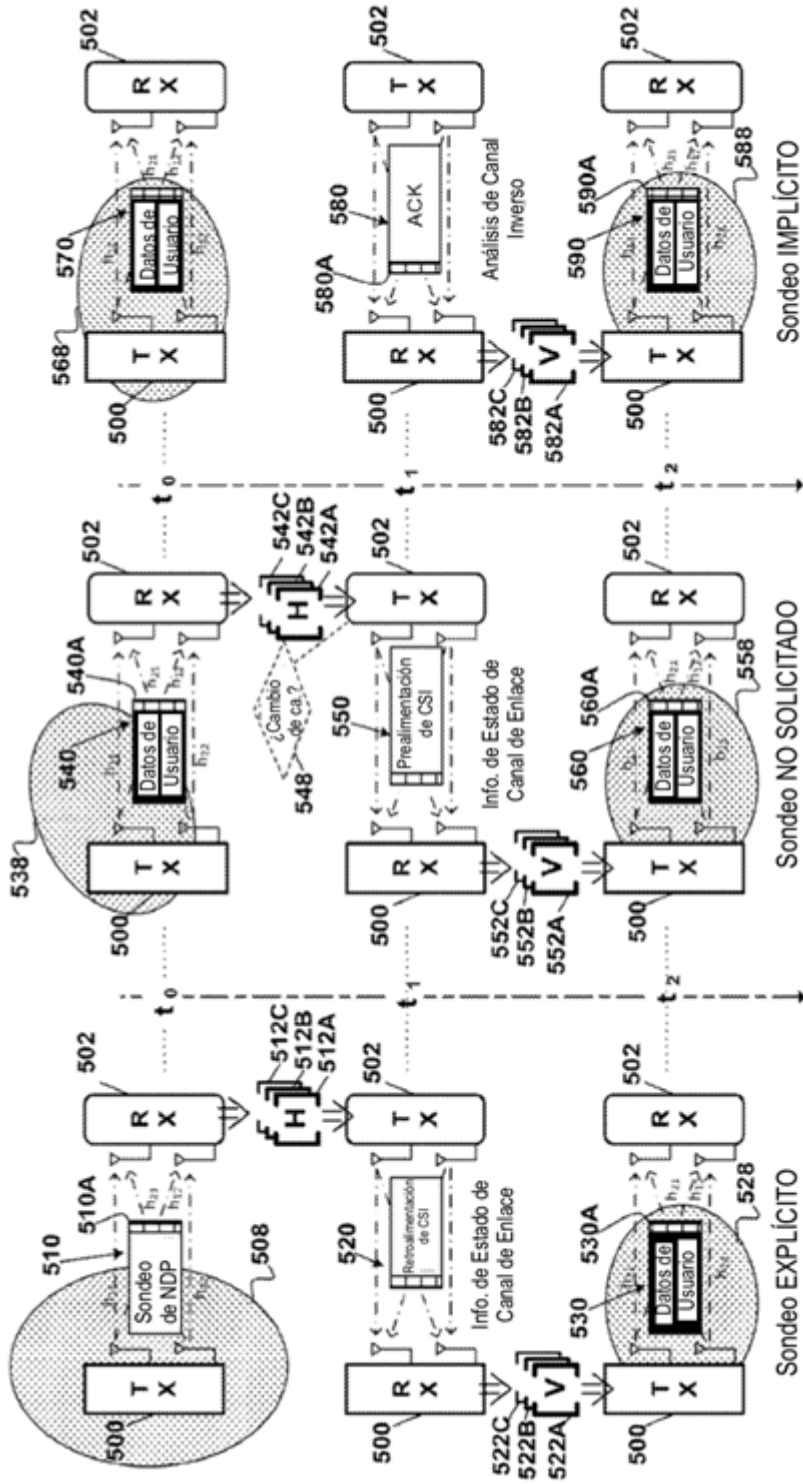


FIG. 5C

FIG. 5B

FIG. 5A

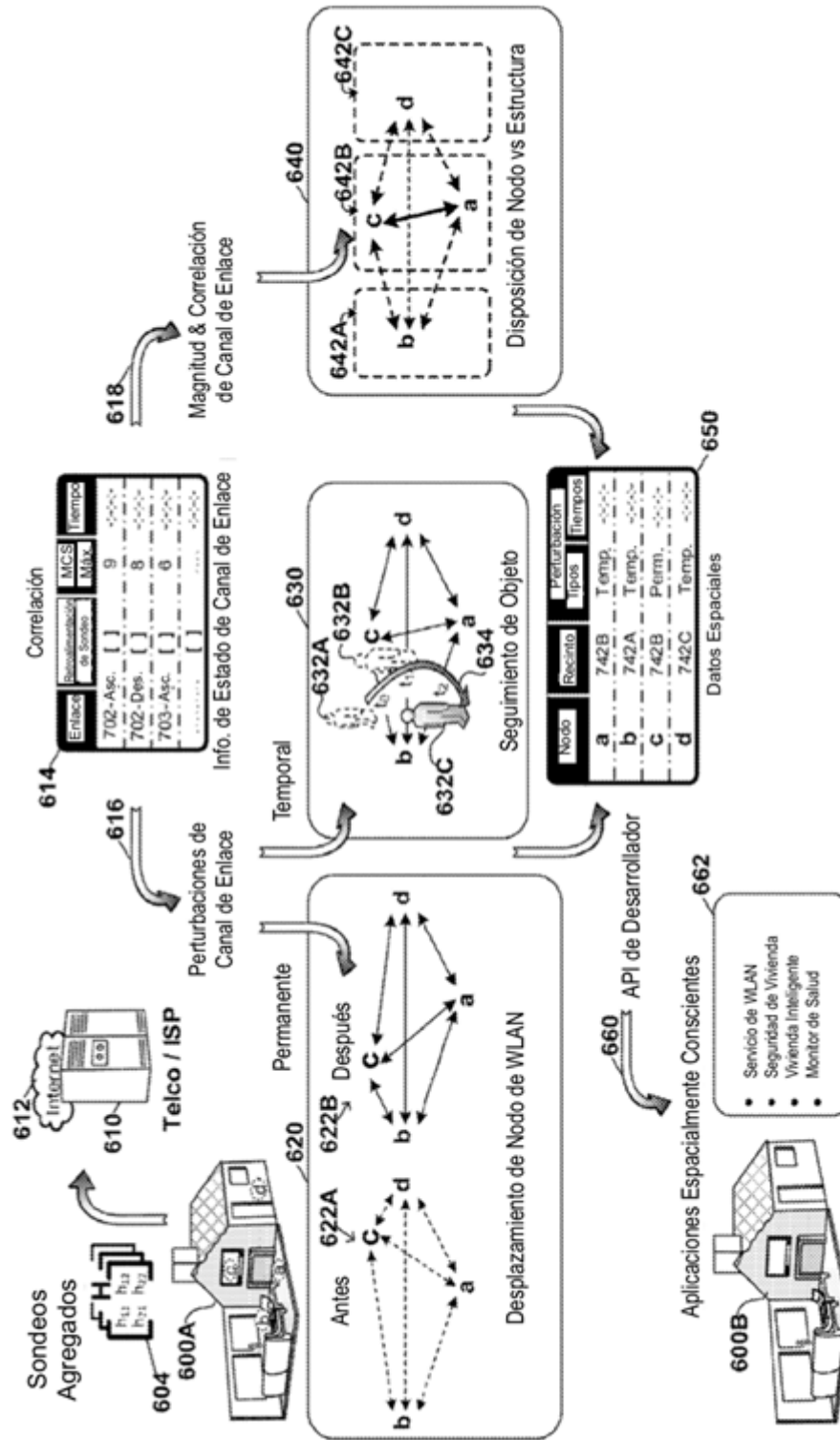
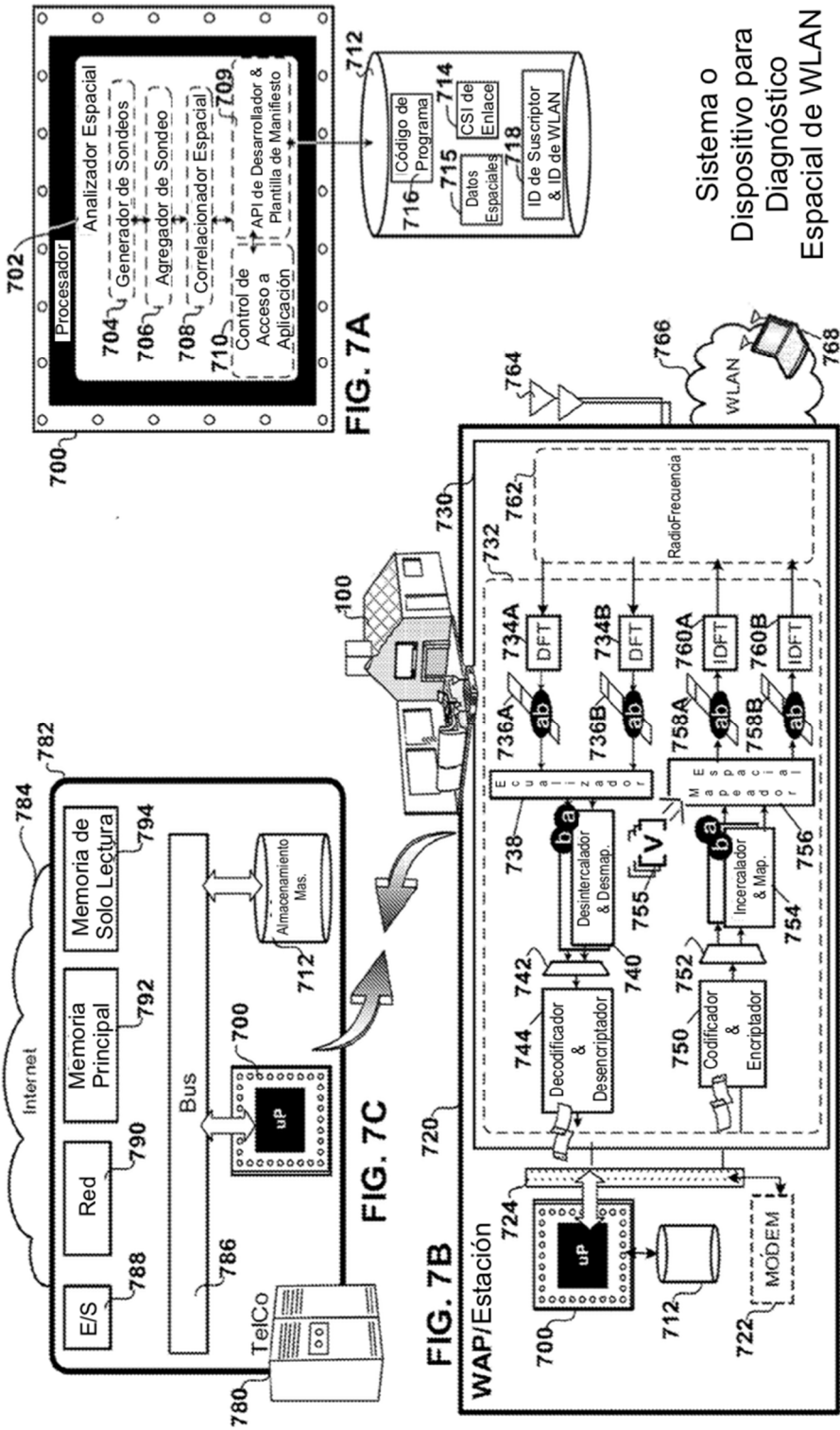


FIG. 6



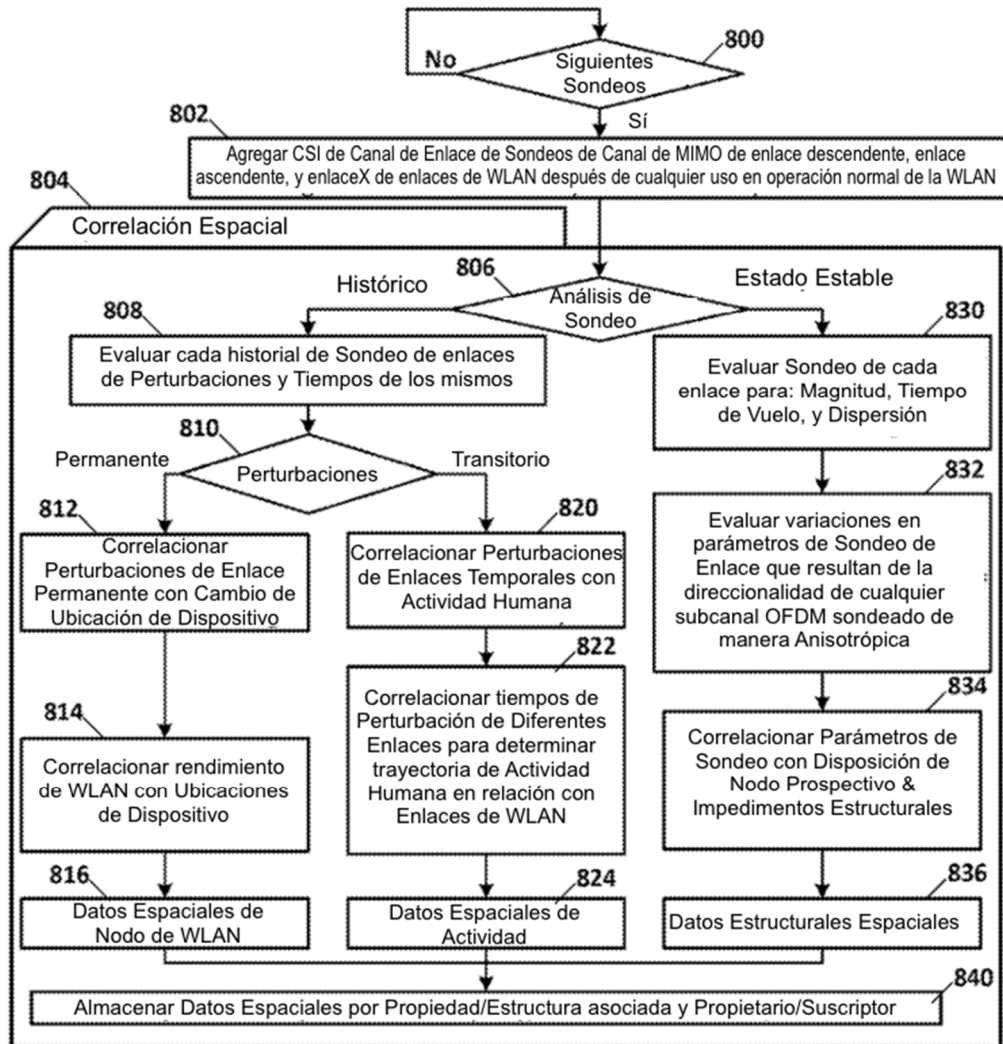


FIG. 8A Diagnóstico Espacial de WLAN

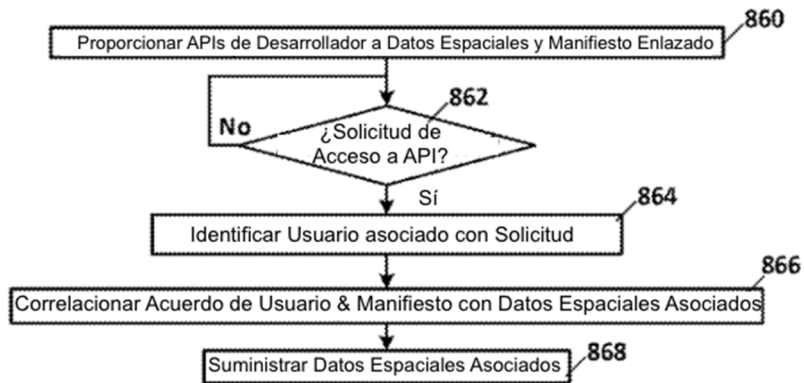


FIG. 8B Utilización de Diagnóstico Espacial de WLAN