

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 263**

51 Int. Cl.:

H04B 7/10 (2007.01)

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2007 PCT/US2007/088183**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2008 WO08077113**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2007 E 07865881 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2095538**

54 Título: **Sistema de antena MIMO direccional optimizada**

30 Prioridad:

19.12.2006 US 870818 P

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

19.09.2018

73 Titular/es:

**AIRGAIN, INC. (100.0%)
3611 Valley Centre Drive, Suite 150
San Diego, CA 92130, US**

72 Inventor/es:

**ABRAMOV, OLEG Y.;
VISURI, PERTTI;
SALO, RANDY y
YANG, XIAO PING**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 682 263 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

Sistema de antena MIMO direccional optimizada

Solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos Número de Serie 60/870.818, presentada el 19 de diciembre de 2006, titulada "Optimized Directional MIMO Antenna System" que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

Antecedentes

1. Campo

10 La presente invención se refiere en general a sistemas de antena, y más particularmente, a sistemas de antena direccional optimizada.

2. Antecedentes

15 Los sistemas de comunicaciones inalámbricos pueden facilitar las comunicaciones bidireccionales entre una pluralidad de clientes o estaciones en una infraestructura de red fija o variable. Los sistemas de comunicación inalámbricos proporcionan canales de comunicación entre las estaciones y sus estaciones base o puntos de acceso respectivos para conectar una unidad de usuario final de la estación con una infraestructura de red fija (normalmente un sistema de línea por cable). Se han adoptado y propuesto normas para ciertos tipos de sistemas de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, la norma IEEE 802.11 define ciertos aspectos operativos de un sistema de comunicación inalámbrica tal como lo hace la norma IEEE 802.16 propuesta.

20 El documento EP 1615354 divulga una estación de repetición, un aparato de comunicación, y un procedimiento de control de una directividad de una antena. La estación de repetición incluye un primer grupo de antenas que incluye al menos un elemento de antena, un segundo grupo de antenas que es diferente del primer grupo de antenas, incluyendo el segundo grupo de antenas dos o más elementos de antena ajustados de modo que se reduce la radiación en la dirección del primer grupo de antenas, en el que el segundo grupo de antenas se ajusta de modo que se reduce la potencia radiada en la dirección del primer grupo de antenas.

25 El documento US 2003/222818 divulga un aparato de antena. La antena funciona en conjunto con una estación y comprende una pluralidad de elementos de antena, acoplado cada uno a un componente de control de ponderación respectivo para proporcionar una ponderación a la señal transmitida desde (o recibida por) cada elemento. Se ajusta la ponderación para cada elemento de antena para conseguir una recepción óptima durante, por ejemplo, un modo inactivo cuando se recibe una señal piloto. La matriz de antena crea un formador del haz para señales a ser transmitidas desde la estación móvil, y una matriz de recepción direccional para detectar más óptimamente y recibir señales transmitidas desde la estación base.

Sumario

35 En una realización, un procedimiento de operación de un dispositivo de comunicación inalámbrico con una pluralidad de radios y una pluralidad de sistemas de antena configurables incluye determinar una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones para una primera de la pluralidad de radios con una primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. Determinar una pluralidad de métricas de calidad de señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones para una segunda pluralidad de radios con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. Determinar una matriz de conexión que incluye métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. Seleccionar una configuración de antena para la primera y segunda configuraciones de antena usando la matriz de conexión.

45 En una realización, la primera y segunda radios pueden transmitir y recibir flujos de datos independientes a una estación. En otra realización, la primera y segunda radios pueden transmitir el mismo flujo de datos a una estación. En otra realización más, la primera radio puede transmitir un primer flujo de datos a una primera estación y la segunda radio transmitir un segundo flujo de datos a una segunda estación simultáneamente. En otra realización más, la primera radio puede transmitir datos a una primera estación y la segunda radio recibir datos por la primera estación.

50 El primer y segundo sistemas de antena configurables pueden configurarse cuando el dispositivo de comunicación inalámbrico está transmitiendo, o no transmitiendo. La determinación de la métrica de calidad de la señal puede incluir el envío de una solicitud de consulta.

En una realización, el dispositivo de comunicación inalámbrico repite la determinación de la pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico

5 y la pluralidad de estaciones para la primera de la pluralidad de radios con el primer sistema de antena configurable en la pluralidad de configuraciones. Repetir la determinación de la pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones para la segunda de la pluralidad de radios con el segundo sistema de antena configurable en la pluralidad de configuraciones. Y actualiza la matriz de conexión. Esta repetición, repetición, y actualización puede realizarse a intervalos deseados, o cuando se determina que la métrica de la señal ha cambiado más de una cantidad predeterminada.

10 En otra realización, un procedimiento de operación de un dispositivo inalámbrico con una pluralidad de radios y una pluralidad de antenas, incluye determinar una métrica de calidad de la señal para una primera radio con una primera antena. Determinar una métrica de calidad de la señal para una segunda radio con una segunda antena. Seleccionar una ganancia de antena global para el dispositivo de comunicación inalámbrico mediante la asignación de diferentes ponderaciones a las señales transmitidas y recibidas por la primera y segunda radios.

15 En una realización, la primera y segunda antenas son configurables. En otra realización, la primera y segunda antenas tienen una configuración predeterminada. La configuración predeterminada puede incluir un patrón de ganancia direccional predeterminado. El patrón de ganancia direccional predeterminado para la primera y segunda antenas puede cubrir diferentes direcciones.

En una realización, la asignación de diferentes ponderaciones incluye aplicar relaciones de combinación máxima a las señales recibidas por las radios, o la aplicación de ponderaciones basándose en la calidad de señal a las señales transmitidas por las radios, u otras técnicas para asignación de ponderaciones.

20 En otra realización, el dispositivo inalámbrico es un punto de acceso. En otra realización, el dispositivo inalámbrico es una estación.

25 En una realización, un procedimiento de operación de una estación con una pluralidad de radios y una pluralidad de sistemas de antena configurables incluye determinar una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para una conexión entre la estación y un punto de acceso para una primera radio en la estación con un primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. Determinar una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la conexión entre la estación y el punto de acceso para una segunda radio en la estación con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. Determinar una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. Seleccionar una configuración de antena para la primera y segunda configuraciones de antena usando la matriz de conexión.

En una realización, la primera y segunda radios transmiten y reciben flujos de datos independientes al punto de acceso. En otra realización, la primera y segunda radios transmiten el mismo flujo de datos al punto de acceso. También, determinar una métrica de calidad de la señal de transmisión comprende recibir una solicitud de consulta.

35 En una realización, un punto de acceso incluye una pluralidad de radios y una pluralidad de sistemas de antena configurables. El punto de acceso incluye también un procesador que determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrica y una pluralidad de estaciones para una primera de la pluralidad de radios con un primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones para una segunda de la pluralidad de radios con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. Una memoria almacena la matriz de conexión. Un módulo de control de antena que selecciona una configuración de antena para la primera y segunda configuraciones de antena basándose en la matriz de conexión.

40 En otra realización, una estación en una red inalámbrica incluye una pluralidad de radios y una pluralidad de sistemas de antena configurables. La estación incluye también un procesador que determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para una conexión entre la estación y un punto de acceso para una primera radio en la estación con un primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la conexión entre la estación y el punto de acceso para una segunda radio en la estación con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. Un módulo de control de antena que selecciona una configuración de antena para la primera y segunda configuraciones de antena usando la matriz de conexión.

Otras características y ventajas de la presente invención deberían ser evidentes tras la revisión de la siguiente

descripción detallada y dibujos adjuntos que ilustran, a modo de ejemplo, aspectos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Aspectos, ventajas y detalles de la presente invención, tanto de su estructura como de la operación, pueden deducirse en parte mediante el estudio de los dibujos adjuntos, en los que números de referencia iguales se refieren a partes iguales. Los dibujos no están necesariamente a escala, poniéndose en su lugar énfasis en la ilustración de los principios de la invención.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una red inalámbrica.

La Figura 2 es un diagrama de bloques funcional de un ejemplo de un dispositivo de comunicación inalámbrico.

La Figura 3 es un diagrama de bloques funcional de un ejemplo alternativo de un dispositivo de comunicación inalámbrico.

La Figura 4 es un gráfico de flujo de un proceso para la operación de un sistema de antena configurable.

La Figura 5 es una línea de tiempos que representa la operación del punto de acceso con relación a la optimización de antena y operación normal.

La Figura 6A es una línea de tiempos que representa optimizaciones de antena que se realizan en un sistema que tiene dos estaciones.

La Figura 6B es una línea de tiempos que representa la optimización de antena que se realiza en un sistema que tiene tres estaciones.

La figura 7 es un diagrama de estado de la operación de un punto de acceso.

La Figura 8A es un diagrama de bloques funcional de una realización alternativa de un dispositivo de comunicación inalámbrico 800.

La Figura 8B es un diagrama de bloques funcional de una realización alternativa del sistema representado en la Figura 8A.

La Figura 9 es un diagrama de bloques funcional que muestra los elementos funcionales de la Figura 6 con detalles adicionales de las funciones de la CPU.

La figura 10 es una representación gráfica de las diversas colas utilizadas durante la operación del sistema representado en las Figuras 8A y 8B.

La Figura 11 es un gráfico de flujo de una realización de la operación de un dispositivo de comunicación inalámbrico.

La Figura 12 es un gráfico de flujo de una realización de la operación de un dispositivo de comunicación inalámbrico.

La Figura 13 es un gráfico de flujo de una realización de la operación de una estación.

Descripción detallada de las realizaciones

Ciertas realizaciones tal como se divulga en el presente documento proporcionan procedimientos y sistemas para comunicación a través de una interfaz por aire inalámbrica. Tras la lectura de la presente descripción será evidente cómo implementar la invención en diversas realizaciones alternativas y aplicaciones alternativas. Sin embargo, aunque se describan en el presente documento diversas realizaciones de la presente invención, se entiende que estas realizaciones se presentan solamente a modo de ejemplo, y no de limitación. Como tal, esta descripción detallada de diversas realizaciones alternativas no debería interpretarse como limitativa del alcance o amplitud de la presente invención tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una red inalámbrica. La red incluye un punto 110 de acceso (AP) inalámbrico. El punto de acceso inalámbrico puede ser por ejemplo, un enrutador inalámbrico, una estación base de teléfono celular, u otro tipo de dispositivo de comunicación inalámbrico. El punto 110 de acceso está típicamente en comunicación con una conexión de retorno. Por ejemplo, puede estar en comunicación con una línea de abonado digital (DSL). El punto de acceso puede incluir más de un transmisor de radio y más de un receptor de radio. En general, un punto de acceso tiene la capacidad para comunicar con más de un dispositivo. El punto 110 de acceso puede emplear antenas omnidireccionales, antenas direccionales, o sistemas de antena configurables tal como antenas de dirección versátil.

En una realización, el punto 110 de acceso incluye un sistema de antena configurable que puede configurarse selectivamente para crear diferentes patrones de ganancia de antena (patrones de antena) y/o polarizaciones. Por

ejemplo, el sistema de antena configurable puede incluir antenas que pueden configurarse para un número discreto de patrones de antena para cada uno de los transmisores y receptores de radio en el punto de acceso. Alternativamente, el sistema de antena configurable puede configurarse para transmitir y/o recibir en diferentes polarizaciones. En una realización el sistema de antena configurable puede configurarse para un número discreto de patrones de antena para cada uno de los transmisores y receptores de radio en el punto de acceso y para diferentes polarizaciones. Una configuración de antena puede incluir un patrón de ganancia de antena y una polarización. En una realización el sistema de antena configurable incluye uno o más sistemas de antena direccional que permiten al punto de acceso dirigir o conducir la ganancia del sistema de antena (tanto para transmisión como recepción) en más de una dirección o patrón para cada uno de los transmisores y receptores de radio. Se hace referencia a veces a dichos tipos de sistemas de antena como antenas de dirección versátil. Ejemplos de dichos sistemas de antena que pueden usarse con los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento se describen en la solicitud de Estados Unidos n.º de serie 11/104.291, titulada SWITCHED MULTI-BEAM ANTENNA, presentada el 12 de abril de 2005, y la solicitud de Estados Unidos n.º de serie 11/209.352, titulada DIRECTIONAL ANTENNA SYSTEM WITH MULTI-USE ELEMENTS presentada el 22 de agosto de 2005, ambas de las cuales se incorporan en el presente documento por referencia. Alternativamente, el punto de acceso puede incluir un único transceptor de radio en comunicación con un único sistema de antena direccional.

La red inalámbrica incluye también clientes o estaciones 120A-D (STA) asociadas. Solo se representan cuatro estaciones en la Figura 1 por facilidad de descripción. Sin embargo, pueden utilizarse más o menos estaciones. Cada una de las estaciones 120A-D incluye una o más antenas para transmisión y recepción de señales inalámbricas con el punto 110 de acceso a través de un enlace 120 a-d de comunicación. Aunque cada uno de los enlaces de comunicación se representa como una única línea, debería entenderse que los enlaces pueden comprender múltiples trayectorias de señal, múltiples frecuencias y pueden implementarse usando múltiples radios. Las estaciones 120A-D pueden emplear antenas omnidireccionales, antenas direccionales o sistemas de antena configurables tales como antenas de dirección versátil. Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden aplicarse al punto 110 de acceso y a las estaciones 120A-D.

Los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden aplicarse a sistemas en los que durante un período de tiempo cualquiera, el punto 110 de acceso puede o bien transmitir una señal inalámbrica o bien recibir una señal inalámbrica. Sin embargo, los sistemas y procedimientos pueden aplicarse también a sistemas que permiten la transmisión y recepción simultánea de señales inalámbricas por el punto 110 de acceso y/o las estaciones 120A-D. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento pueden aplicarse a sistemas que tengan múltiples trayectorias de transmisión y recepción simultáneas. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos pueden aplicarse a sistemas MIMO (entrada múltiple salida múltiple). Los sistemas MIMO utilizan multiplexado y otras técnicas de combinación de señales para incrementar el ancho de banda y alcance inalámbrico. En una realización los sistemas MIMO envían información sobre dos o más antenas y la información se recibe asimismo a través de múltiples antenas. Los sistemas MIMO usan trayectorias adicionales para transmitir más información y a continuación recombinan la señal en el extremo de recepción.

La Figura 2 es un diagrama de bloques funcional de un ejemplo de un dispositivo 200 de comunicación inalámbrico. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede ser un enrutador inalámbrico, un punto de acceso fijo o móvil, un dispositivo cliente o de estación, u otro tipo de dispositivo de comunicación inalámbrico. El dispositivo 200 de comunicación incluye un sistema 202 de antena configurable que está en comunicación con un sistema 204 de radio. Una línea 206 de control acopla comunicativamente el sistema de antena al sistema de radio para proporcionar una trayectoria para señales de control. La línea 208 de transmisión y recepción acopla el sistema de antena y el sistema de radio para la transmisión de señales transmitidas y recibidas a y desde otros dispositivos inalámbricos.

El sistema 202 de antena configurable puede configurarse selectivamente para crear diferentes configuraciones de antena que incluyen patrones de ganancia y/o polarizaciones. Por ejemplo, el sistema de antena configurable puede incluir antenas que pueden configurarse para un número discreto de patrones de antena. En una realización, el sistema 202 de antena configurable incluye una o más antenas direccionales lo que permite al sistema de antena dirigir o conducir la ganancia del sistema de antena (tanto para transmisión como para la recepción) en más de una dirección o patrón. Alternativamente, el sistema 202 de antena puede ser una pluralidad de antenas omnidireccionales conmutables que pueden acoplarse selectivamente a la conexión 208 de transmisión y recepción del sistema 204 de radio.

El sistema 204 de radio incluye un transmisor/receptor 210 de radio que está en comunicación con un controlador 212 de radio. Las funciones y sistemas del transmisor/receptor 210 de radio y del controlador 212 de radio tal como se describen en el presente documento se denominan también colectivamente como el subsistema 222 de radio. La radio genera señales de radio que se transmiten por el sistema 202 de antena y señales de radio de recepción desde el sistema 202 de antena. En una realización, el sistema 204 de radio convierte las señales de radio recibidas a señales digitales que se pasan al controlador 212 de radio.

El controlador 212 de radio puede implementar alguna o todas las funciones del control de acceso al medio (MAC) para el sistema de radio. En general, las funciones MAC operan para asignar ancho de banda disponible en uno o más canales físicos sobre la transmisión a y desde el dispositivo de comunicación. Las funciones MAC pueden

asignar el ancho de banda disponible entre los diversos servicios dependiendo de las prioridades y reglas impuestas por sus requisitos de calidad de servicio (QoS). Además, las funciones MAC operan para transportar datos entre las capas más altas, tales como la capa TCP/IP, y una física, tal como un canal físico. Sin embargo, la asociación de las funciones descritas en el presente documento a bloques funcionales específicos solo lo es por facilidad de descripción. Las diversas funciones pueden trasladarse entre los bloques, compartirse entre los bloques y agruparse en diversas formas.

La unidad 214 de procesamiento central (CPU) está en comunicación con el controlador 212 de radio. La CPU 214 puede compartir algunas de las funciones MAC con el controlador de radio. Además, la CPU 214 realiza funciones del nivel más alto a las que se hace referencia en general como control de tráfico de datos y se representan por el módulo 215 de control de tráfico de datos. El control de tráfico de datos puede incluir, por ejemplo, enrutado asociado con un tráfico de datos sobre una conexión de retorno. Tal como una conexión DSL, y/o un enrutado TCP/IP.

En una realización, la CPU, o procesador 214, determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para las conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones para una primera de la pluralidad de radios con un primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para las conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones para una segunda de la pluralidad de radios con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. Una memoria 216 almacena la matriz de conexión. Un módulo 221 de control de antena selecciona una configuración de antena para la primera y segunda configuraciones de antena basándose en la matriz de conexión.

En una realización, el módulo 215 de control de tráfico de datos controla el flujo de datos a la primera y segunda radios de modo que transmitan y reciban flujos de datos independientes a una estación. En otra realización, el módulo 215 de control de tráfico de datos controla el flujo de datos a la primera y segunda radios de modo que transmitan el mismo flujo de datos a una estación. En aún otra realización, el módulo 215 de tráfico de datos controla el flujo de tráfico de datos de modo que la primera radio pueda transmitir un primer flujo de datos a una primera estación y la segunda radio transmitir un segundo flujo de datos a una segunda estación simultáneamente. En otra realización más, el módulo 215 de control de tráfico de datos controla el flujo de datos de modo que la primera radio pueda transmitir datos a una primera estación y la segunda radio reciba datos desde la primera estación.

Puede accederse a la memoria 216 común o compartida tanto por el controlador 212 de radio como por la CPU 214. Esto permite un transporte eficiente de paquetes entre la CPU y el controlador de radio.

En una realización el control del sistema 202 de antena se integra con la operación del dispositivo inalámbrico que incluye la función MAC y QoS (si proporcionada). Sin embargo, las ventajas y beneficios de un sistema de antena configurable pueden incorporarse en un dispositivo inalámbrico con muy poca integración con dicho sistema. En una realización, una tarjeta de radio (elementos en el cuadro 220 en línea discontinua de las Figuras 2 y 10) no se modifica salvo para su acoplamiento a un sistema de antena configurable en lugar de a una antena omnidireccional. El módulo 221 de control de antena puede incluirse en la CPU 214. El módulo 214 de control de antena determina la configuración de antena deseada y genera las señales de control a ser enviadas al sistema 202 de antena. En respuesta a las señales de control, el sistema de antena cambia a la configuración deseada. En una realización el módulo 221 de control de antena se proporciona con, o tiene acceso a, una métrica de calidad de la señal para cada señal recibida. La métrica de calidad de la señal puede proporcionarse desde la radio 210 o el controlador 212 de radio. Como se describe adicionalmente a continuación, la métrica de calidad de la señal puede medirse o determinarse mediante otro dispositivo y transmitirse al dispositivo 200. La métrica de calidad de la señal puede usarse para determinar o seleccionar la configuración de antena tal como se explica más completamente a continuación.

El módulo 221 de control de antena se proporciona con comunicación directa o indirecta al sistema 202 de antena, por ejemplo a través de la línea 206 de control. En una realización, el módulo de control de antena funciona por encima de la capa MAC del sistema. Las señales de control desde el módulo 221 de control de antena pueden transmitirse directamente desde la CPU al sistema 202 de antena o pueden transmitirse a través de los otros elementos del sistema 204 de radio tal como el controlador 212 de radio o la radio 210. Alternativamente, el módulo 221 de control de radio puede residir en el controlador 212 de radio o en la radio 210. Se describirá a continuación con más detalle el funcionamiento de una realización del módulo de control de radio con relación a la Figura 10.

Los procedimientos descritos en el presente documento pueden implementarse dentro de varios de los bloques funcionales de la Figura 2. Además, los procedimientos o funciones pueden separarse en componentes o módulos que se realizan por múltiples bloques. En una realización, los elementos dentro del cuadro 220 de línea discontinua de la Figura 2 es una tarjeta de radio (por ejemplo, una tarjeta WLAN PCI) que se acopla al procesador mediante un bus PCI (interconexión de componentes periféricos).

La Figura 3 es un diagrama de bloques funcional de una realización alternativa de un dispositivo 300 de comunicación inalámbrico. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede ser un enrutador inalámbrico, un dispositivo de estación o cliente, un punto de acceso fijo o móvil u otro tipo de dispositivo de comunicación inalámbrico. Además, el dispositivo 300 inalámbrico puede emplear tecnología MIMO (entrada múltiple salida múltiple). En una realización, el dispositivo 300 de comunicación incluye un sistema 302 de antena configurable que está en comunicación con un sistema 304 de radio. El sistema de antena puede incluir una pluralidad de antenas 303a-n configurables. Aunque se representan tres antenas configurables, pueden usarse más o menos de dichas antenas configurables. Una pluralidad de líneas 306a-n de control acopla comunicativamente el sistema 302 de antena al sistema 304 de radio para proporcionar una trayectoria para las señales de control para el control de las configuraciones de las antenas 303a-n configurables. Alternativamente, cada una de las antenas 303a-n configurables puede sustituirse por una antena que tenga un patrón de ganancia direccional predeterminado. Por ejemplo, el patrón de ganancia direccional predeterminado para cada una de las antenas puede cubrir una dirección diferente. Se describe a continuación un ejemplo de dicho sistema de antena que puede usarse para proporcionar un patrón de ganancia direccional predeterminado. Se describe un sistema de antena alternativo en la solicitud de patente provisional n.º de serie 60/863.893, presentada el 1 de noviembre de 2006, titulada Compact Yagi Antenna, incorporada en el presente documento por referencia.

En una realización en la que las antenas 303a a 303n tienen patrones direccionales predeterminados, el sistema de antena global puede dirigir su ganancia mediante la asignación de diferentes ponderaciones a las señales recibidas (o transmitidas) por las radios 310a a 310n. Para las señales de recepción, pueden usarse técnicas de combinación de recepción bien conocidas (por ejemplo, la combinación de relación máxima) para asignar las ponderaciones a las señales. Cuando se transmiten señales, pueden usarse técnicas de ponderación bien conocidas, tal como, el procedimiento denominado del llenado de agua de asignación de ponderación basándose en la calidad de la señal. Un aspecto de una realización en donde los elementos de antena 303a a 303n se configuran deliberadamente para tener diferentes características direccionales, es que la asignación de diferentes ponderaciones sobre las trayectorias de transmisión/recepción 308-310a a 308-310n dirige efectivamente la ganancia del sistema de antena en una dirección seleccionada, o deseada.

Una pluralidad de líneas 308a-n de transmisión y recepción acopla el sistema de antena y el sistema de radio para comunicar señales de radio transmitidas y recibidas. Aunque el número de líneas de transmisión y recepción y el número de líneas de control representadas corresponde con el número de antenas representadas, esto no es necesario. Pueden usarse más o menos de dichas líneas dado que pueden usarse técnicas de multiplexado y conmutación. En una realización el sistema de antena incluye un controlador 324 que recibe las señales de control y las señales de transmisión y recepción. El controlador puede enrutar las señales a la antena y radio apropiadas.

El sistema 302 de antena configurable puede configurarse selectivamente en respuesta a señales de control para crear diferentes configuraciones de antena que pueden incluir diferentes patrones de antena y/o polarizaciones. En una realización el sistema 302 de antena configurable incluye antenas que pueden configurarse para un número discreto de patrones de antena. En una realización, cada una de las antenas 303a-n configurables incluyen una o más antenas direccionales lo que permite al sistema de antena dirigir o conducir la ganancia de cada una de las antenas configurables (así como del sistema de antena global tanto para la transmisión como para la recepción) en más de una dirección o patrón. Alternativamente, una o más de las antenas 303a-n pueden ser una pluralidad de antenas omnidireccionales que pueden acoplarse selectivamente para las señales de transmisión y recepción del sistema 304 de radio.

El sistema 304 de radio incluye un subsistema 322 de radio. El subsistema 322 de radio incluye una pluralidad de transmisores/receptores (radios) 310a-n de radio y un módulo 312 de procesamiento de la señal (módulo de procesamiento de señal) MIMO. La pluralidad de radios 310a-n está en comunicación con el módulo de procesamiento de señal MIMO. Los radios generan señales de radio que se transmiten por el sistema 302 de antena y señales de radio de recepción desde el sistema de antena. En una realización cada antena 303a-n configurable se acopla a una única radio 310a-n correspondiente. Aunque cada radio se representa estando en comunicación con un elemento de antena correspondiente mediante una línea de transmisión y recepción, pueden usarse más o menos de dichas líneas. Además, en una realización las radios pueden conectarse de modo controlable a diversas de las antenas mediante multiplexado o conmutación.

El módulo 312 de procesamiento de señal implementa el procesamiento MIMO. El procesamiento MIMO es bien conocido en la técnica e incluye el procesamiento para el envío de información a través de dos o más canales de radio sobre dos o más antenas y para recibir información asimismo a través de múltiples canales de radio y antena. El módulo 312 de procesamiento de señal puede combinar la información recibida a través de las múltiples antenas en un único flujo de datos. El módulo 312 de procesamiento de señal, como el controlador 212 de radio de la Figura 2, puede implementar algunas o todas de las funciones del control de acceso al medio (MAC) para el sistema de radio y controlar la operación de los radios de modo que actúen como un sistema MIMO. Se ha proporcionado una descripción de las funciones MAC en conexión con la Figura 2 y no se repetirá aquí. La asociación de las funciones descritas en el presente documento a bloques funcionales específicos en la figura es solamente por facilidad de descripción. Las diversas funciones pueden trasladarse entre los bloques, compartirse entre los bloques y agruparse de diversas formas.

Una unidad de procesamiento central (CPU), o procesador, 314 está en comunicación con el módulo 312 de procesamiento de señal. La CPU 314 puede compartir algunas de las funciones MAC con el módulo 312 de procesamiento de señal. Además, la CPU puede incluir un módulo 315 de control del tráfico de datos que realiza funciones similares al módulo 215 de control de tráfico de datos descrito en conexión con la Figura 2.

5 En una realización, la CPU, o procesador, 315 determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones para una primera de la pluralidad de radios con un primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones para una segunda de la pluralidad de radios con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El procesador determina una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. Una memoria 316 almacena la matriz de conexión. Un módulo 321 de control de antena selecciona una configuración de antena para la primera y segunda configuraciones de antena basándose en la matriz de conexión.

Puede usarse la memoria 316 común o compartida que puede accederse tanto por el módulo de procesamiento de la señal como por la CPU. Esto permite un transporte eficiente de los paquetes de datos entre la CPU y el módulo de procesamiento de la señal.

20 En una realización se incluye un módulo 321 de control de antena en la CPU 314. El módulo de control de antena determina la configuración deseada para cada una de las antenas 303a-n y genera las señales de control a ser enviadas al sistema 302 de antena. En una realización, el módulo 321 de control de antena funciona por encima de la capa MAC del sistema. En respuesta a las señales de control, se cambia la configuración de una o más de las antenas. En una realización, todas las antenas se configuran de la misma manera. Por ejemplo, todas las antenas pueden tener su ganancia maximizada en la misma dirección. Alternativamente, cada antena puede configurarse individualmente. Adicionalmente, las antenas pueden configurarse en configuraciones predeterminadas. Por ejemplo, una de las antenas puede configurarse para proporcionar ganancia máxima en una dirección principal y las otras antenas configurarse para ganancia máxima en una dirección que está con una desviación predeterminada respecto a la dirección principal.

30 El módulo 321 de control de antena puede proporcionarse con una comunicación directa o indirecta al sistema 302 de antena, por ejemplo a través de líneas 306a-n de control. Pueden usarse más o menos líneas de control que las mostradas. Las señales de control desde el módulo 321 de control de antena pueden transmitirse directamente desde la CPU al sistema 302 de antena o pueden transmitirse a través de los otros elementos del sistema 304 de radio tales como el módulo 312 de procesamiento de señal o las radios 310a-n. Alternativamente, el módulo 321 de control de antena puede residir en el módulo 312 de procesamiento de señal o en una o más de las radios 310a-n.

35 En una realización el módulo 321 de control de antena se proporciona, o tiene acceso a, una métrica de calidad de la señal para cada señal recibida y/o señal transmitida en un enlace de comunicación. La métrica de calidad de la señal puede proporcionarse desde el módulo 312 de procesamiento de la señal MIMO. El módulo de procesamiento de la señal MIMO tiene la capacidad de tener en cuenta el procesamiento MIMO antes de proporcionar una métrica de calidad de la señal para un enlace de comunicación entre el dispositivo 300 de comunicación inalámbrico y una estación. Por ejemplo, para cada enlace de comunicación el módulo 312 de procesamiento de la señal MIMO puede seleccionar de entre una o más técnicas MIMO tales como diversidad de recepción, combinación de relación máxima, multiplexado espacial, y similares. La métrica de calidad de la señal recibida desde el módulo de procesamiento de señal, por ejemplo, rendimiento de datos o tasa de errores, puede variar basándose en la técnica MIMO que se esté usando. Una métrica de calidad de la señal, tales como la intensidad de señal recibida, pueden suministrarse también desde una o más de las radios 710a-n. Típicamente, las radios no tendrán en cuenta técnicas MIMO, tales como multiplexado espacial. En un sistema MIMO la métrica de calidad de la señal puede usarse para determinar o seleccionar una configuración de antena deseada tal como se describe en el presente documento.

50 En una realización tal como se mencionó anteriormente, las señales recibidas y/o transmitidas por las radios 310a-n se combinan, por ejemplo mediante la combinación de relación máxima, en el procesador 312 de señal MIMO o en el controlador 324. Por ejemplo, cuando las condiciones no permiten recibir (o transmitir) datos diferentes a través de cada una de las radios, se transmiten (o reciben) los mismos datos por cada radio. En lugar de seleccionar la señal desde una de las radios, el procesador 312 de señal MIMO y/o el controlador 324 pueden combinar algunas o todas las señales recibidas de una forma ponderada. En algunas circunstancias, la ponderación asignada a una señal de radio puede ser cero.

55 Los procedimientos descritos pueden implementarse dentro de diversos de los bloques funcionales de la Figura 3, por ejemplo, en el módulo 312 de procesamiento de la señal MIMO o por la CPU 324. Además, los procedimientos o funciones pueden separarse en componentes o módulos que son realizados por múltiples bloques representados en la Figura 3. En una realización, los elementos indicados como 320 en la Figura 3 se implementan como una tarjeta de radio (por ejemplo, una tarjeta PCI WLAN MIMO) que se acopla al procesador mediante un bus PCI (interconexión de componentes periféricos).

Las redes inalámbricas tales como la representada en la Figura 1 típicamente operan mediante la transmisión por el punto 110 de acceso de paquetes de información o datos a una de las estaciones 120A-D. El término paquete tal como se usa en el presente documento se refiere a información transmitida a uno o más receptores. El punto 110 de acceso puede transmitir ocasionalmente un paquete dirigido a la recepción por todas las estaciones 120A-D (difusión). Adicionalmente, el punto 110 de acceso puede transmitir un paquete que se dirige a la recepción por un grupo seleccionado de las estaciones (multiemisión). Adicionalmente, las estaciones que desean transmitir paquetes al punto 110 de acceso pueden hacerlo durante períodos definidos de tiempo mientras el punto de acceso no está transmitiendo. Dichos sistemas proporcionan típicamente espacios o ranuras entre las transmisiones de paquetes por el punto de acceso durante las que las estaciones que deseen enviar paquetes al punto de acceso pueden transmitir. Se han desarrollado numerosos de dichos protocolos y se han normalizado algunos. Por ejemplo, el IEEE 802.11 y el IEEE 802.16 definen diferentes protocolos para dicha comunicación entre estaciones y puntos de acceso.

Los siguientes aspectos son útiles en la definición del funcionamiento de un punto 110 de acceso con un sistema de antena configurable: (1) Durante la operación del punto de acceso es deseable que el punto de acceso controle su sistema de antena configurable de modo que pueda recibir siempre transmisiones (durante momentos en los que se esperan transmisiones) desde todas las estaciones en la red. (2) Adicionalmente es deseable proporcionar una intensidad (ganancia) de señal de antena máxima (preferentemente tanto para el enlace ascendente como descendente), sin embargo no de tal manera que viole el apartado (1). (3) Es también deseable minimizar la carga o sobrecarga incurrida por el punto de acceso en el procesamiento de los cálculos para satisfacer los apartados (1) y (2). Pueden aplicarse aspectos similares a las estaciones 120A-D con sistemas de antena configurables: (1) Durante la operación de la estación es deseable que la estación controle su sistema de antena configurable de modo que pueda recibir siempre transmisiones (durante los momentos en los que se esperan transmisiones) desde su punto de acceso asociado, incluso cuando la estación es móvil. (2) Adicionalmente, es deseable proporcionar la máxima intensidad (ganancia) de señal de antena (preferentemente tanto para el enlace ascendente como descendente), sin embargo no de tal forma que viole el apartado (1). (3) Es deseable también minimizar la carga o sobrecarga incurrida por el punto de acceso en el procesamiento de los cálculos para satisfacer los apartados (1) y (2).

En una realización, puede definirse un conjunto viable de configuraciones o posiciones de antena del sistema de antena configurable del punto 110 de acceso como el conjunto de configuraciones de antena posibles en las que todas las estaciones asociadas pueden "oír" (durante momentos en los que se esperan o permiten transmisiones). Por oír, se quiere indicar que los paquetes transmitidos por las estaciones pueden recibirse con éxito por el punto 110 de acceso. Para una estación con una antena configurable, el conjunto viable son todas las configuraciones de antena en las que el punto de acceso asociado puede oír o una configuración omnidireccional.

En el sistema representado en la Figura 1, cada estación 120A-D se localiza en una dirección diferente con respecto al punto 110 de acceso y a una distancia diferente. La métrica de calidad de la señal puede ser recogida por el enlace de comunicación para cada una de las estaciones 120A-D en todas las configuraciones de antena posibles. Es posible también recoger métricas de calidad de la señal para cada una de las estaciones en menos que todas las configuraciones de antena posibles. En una realización el número de configuraciones de antena posibles dependerá de, por ejemplo, el sistema de antena configurable (por ejemplo, una antena de dirección versátil) y la configuración de la red inalámbrica.

La Tabla 1 representa a continuación un ejemplo de métricas de calidad de la señal para cada una de las estaciones 120A-D. En donde en el ejemplo de la Tabla 1 se determina una métrica de calidad de la señal para cada una de las estaciones 120A-D con la antena del punto 110 de acceso configurada en cada una de las 12 configuraciones hay 12 posibles configuraciones de antena para cada punto 110 de acceso representado en la Figura 1. En una realización, en un sistema MIMO que incluye múltiples radios y múltiples antenas configurables, las métricas de la señal para conexiones realizadas entre las múltiples radios y otros dispositivos se disponen en una matriz de conexión. La matriz de conexión puede incluir métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para cada una de las múltiples radios y sus antenas configurables asociadas con la antena en múltiples configuraciones. En otra realización, las antenas pueden estar en una configuración predeterminada y la matriz de conexión incluye métricas de calidad de la señal para las radios y antenas. Por ejemplo, cada radio puede conectarse selectivamente a múltiples antenas predeterminadas.

Tabla 1

Localización Estación	Configuración de antena											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	14	8,33	8,67	7,33	7,33	13	9,33	9,33	0,0	8,33	9	12
B	13	13,67	21,33	11,33	22,67	24,67	24	20	16	16,33	17,33	14,67
c	16	12,68	8,33	13,67	9,33	13,33	11,33	11,33	5,33	16	8	18
D	37	38	36	34	31	34	30	34	24	35	34	34

Debería observarse que muchos factores pueden afectar a la métrica de calidad de la señal. Por ejemplo, factores tales como la distancia, reflectancia, trayectoria, multitrayectoria, interferencia, meteorología, objetos móviles, y objetos fijos todos pueden afectar a la métrica de calidad de la señal. Pueden usarse diversas métricas de calidad de la señal o una combinación de métricas de calidad de la señal. Por ejemplo, puede usarse la intensidad de la señal desde una estación recibida en el punto de acceso, puede usarse también la relación de señal a ruido de la señal, tasas de error y el valor de corrección de error directo usado (seleccionado) por los radios.

En múltiples combinaciones de transmisor/receptor del sistema de radio (MIMO) la métrica de calidad de la señal puede estar en la forma de una matriz del canal de transmisión también denominada como matriz de conexión, que describe la conexión entre cada una de las trayectorias de transmisión/recepción. Alternativamente, o además, la métrica de calidad de la señal puede medirse o determinarse en la estación con la información que se está transmitiendo al punto de acceso. Debido a que las métricas de calidad de la señal pueden variar a lo largo del tiempo y pueden tener oscilaciones ocasionalmente dramáticas, en una realización la métrica de calidad de la señal se calcula usando un promedio móvil multipunto para suavizar las dramáticas oscilaciones temporales. Por ejemplo, puede usarse un promedio calculado a lo largo de un número fijo o variable de mediciones o a través de un período de tiempo fijo o variable. Alternativamente, en un planteamiento simplificado, puede limitarse la cantidad de cambio a la métrica de calidad de la señal desde una nueva medición. Por ejemplo, puede limitarse un cambio a no más de un diez por ciento del cambio por nueva medición. Esto tendrá un efecto similar al promedio móvil multipunto sin la sobrecarga de memoria y procesador asociados. El uso del término métrica o métrica de calidad de la señal en el presente documento engloba tanto una métrica de calidad de la señal simple como una combinación de métricas de calidad de la señal.

Con referencia de nuevo a la Tabla 1 anterior, puede reducirse el conjunto de configuraciones de antena considerando solamente las configuraciones de antena en las que todas las estaciones 120A-D (Figura 1) tienen una métrica de calidad por encima de un cierto nivel. El nivel puede determinarse colectivamente o para cada estación basándose en el rendimiento de la red deseado y en las características del sistema. El nivel puede variar por estación y puede cambiar a lo largo del tiempo, por ejemplo, dependiendo de la calidad de servicio (tasa de datos y/o latencia) actualmente requeridos por o asignados a una estación. Adicionalmente, la métrica que se usa puede cambiarse también por estación o grupo de estaciones a lo largo del tiempo. Por ejemplo, dichos cambios pudieran ser ventajosos debido a un cambio en la configuración de la red. En una realización, puede fijarse un umbral o valor mínimo de métrica de calidad. Por ejemplo, puede establecerse una métrica de calidad suficiente para que sea un valor de métrica por encima de 0. En este ejemplo, usando la métrica de calidad listada en la Tabla 1, el número de configuración de antena 9 no sería un miembro del conjunto viable (VS) de las configuraciones de antena debido a que la estación A no tiene un valor de métrica por encima de 0. El conjunto viable (todas las posiciones de antena excepto la posición número 9) puede convertirse en un conjunto exclusivo de configuraciones de antena a ser usado para optimizaciones de rendimiento adicional. Adicionalmente, puede usarse una segunda métrica para una o más de las estaciones. Por ejemplo, si se usa la intensidad de la señal como la métrica de señal para definir el conjunto viable, el rendimiento de datos puede usarse como una métrica secundaria para una estación con un requisito de alta velocidad de datos, por ejemplo, un decodificador de televisión.

En una realización, una vez se ha determinado el conjunto viable, el punto de acceso puede tener tres estados de funcionamiento en conexión con la optimización de la configuración del sistema de antena configurable. El primer estado existe cuando el punto de acceso está cerca de transmitir uno o más paquetes a una estación. Previamente a la transmisión del paquete a la estación, el punto de acceso busca la conexión de calidad más alta (la métrica de calidad de señal más alta) dentro del conjunto viable actual para determinar qué configuración de antena proporciona la conexión de calidad más alta, o la deseada, a esa estación. La antena se configura a continuación (o permanece configurada si ya está en esa configuración) en esa configuración. Por ejemplo, con referencia a la Figura 1 y a la Tabla 1 anteriores, esta sería la configuración de antena 1 para la estación A, la configuración de antena 6 para la estación B, la configuración de antena 12 para la estación C, y la configuración de antena 2 para la estación D.

Alternativamente, la antena puede configurarse en una configuración que no está necesariamente en el conjunto viable. Por ejemplo, esto sería aceptable si la antena fuera a reconfigurarse a una configuración dentro del conjunto viable inmediatamente después de que se completara la transmisión en una configuración no en el conjunto viable. En esta realización el conjunto viable define configuraciones de recepción aceptables pero no limita las posiciones de transmisión. Este planteamiento permite el uso de una configuración de antena que sea la configuración mejor u óptima para transmisiones a una estación incluso si esa configuración no está en el conjunto viable.

El siguiente estado de operación tiene lugar cuando el punto de acceso recibe un paquete transmitido desde una de las estaciones. Siempre que el punto de acceso recibe un paquete desde una estación, el punto de acceso reconfigura a continuación la antena de dirección versátil a la configuración que proporciona la conexión de calidad más alta para esa estación. Esto se realiza en anticipación de paquetes adicionales que se transmitan desde esa estación. Sin embargo, en redes inalámbricas en las que las estaciones tienen asignados periodos de tiempo específicos para transmisión de paquetes al punto de acceso, este estado de operación ocurriría durante ese momento, por ejemplo, en algunas implementaciones IEEE 802.16. Como se ha observado anteriormente, puede usarse una métrica secundaria para seleccionar o definir la configuración de entre el conjunto viable que proporciona la conexión de calidad más alta para esa estación.

El siguiente estado de operación es cuando el punto de acceso está inactivo. Esto ocurriría cuando no se están transmitiendo paquetes entre estaciones conocidas y el punto de acceso. En una realización, el punto de acceso configura entonces la antena a la posición de reposo conocida mejor de entre el estado viable. Esta posición puede determinarse mediante la evaluación de las métricas de calidad agregadas para todas las estaciones conocidas y seleccionar la posición en la que la calidad global de la señal recibida por el punto de acceso es la más alta. En el ejemplo de la Tabla 1 anterior, la posición de reposo conocida mejor para la antena de dirección versátil es la configuración número 6. Pueden usarse diversos algoritmos o planteamientos para definir la posición de reposo conocida mejor. Por ejemplo, la posición puede seleccionarse mediante la selección de la posición en la que ninguna estación cae por debajo de un umbral mínimo. El umbral y métrica pueden variar por estación, por ejemplo, teniendo en cuenta los requisitos de ancho de banda mínimos de cada estación. Por ejemplo, una estación que está recibiendo un flujo de vídeo requerirá una asignación de ancho de banda más alto que una estación que está inactiva. Puede usarse también una métrica secundaria. La posición de reposo de la antena puede definirse para requerir una métrica de calidad mínima para la estación que recibe vídeo que sea propicia para transmisión de vídeo mientras se permite una métrica de calidad mucho más baja para una estación que está inactiva. Por lo tanto, puede ser ventajoso que la posición de reposo se seleccione de acuerdo con los requisitos y características actuales de la red, tales como el tipo de tráfico con cada estación (por ejemplo, vídeo, protocolo de Internet, etc.) y la calidad de servicio (QoS) asociada con cada estación. Alternativamente, en un sistema MIMO la posición de reposo puede ser una configuración de antena agregada (la combinación de todas de la radio) que proporciona un patrón agregado omnidireccional o casi omnidireccional. Esto permitiría que cada uno de los canales de radio se beneficiara de la elevada ganancia de una antena direccional y aún asegure que todas las direcciones de señal incidentes estén cubiertas por el patrón de la antena.

En una realización, para minimizar la sobrecarga, o carga sobre el (los) procesador(es) del punto de acceso, las métricas de calidad de la señal pueden capturarse siempre que tenga lugar un tráfico normal entre las estaciones y el punto de acceso. Adicionalmente, el punto de acceso puede “escanear” para recoger las métricas de calidad de la señal necesarias para rellenar completamente el conjunto viable. Un escaneado puede llevarse a cabo mediante la transmisión de un mensaje que solicita respuesta o transmisión. Puede seleccionarse la frecuencia del escaneado y qué estaciones se escanean dependiendo de las características de la red inalámbrica. Por ejemplo, estaciones con métrica de calidad de señal relativamente baja pueden escanearse más frecuentemente que aquellas con una métrica de calidad de señal más alta. Adicionalmente, estaciones con tasas de tráfico más bajas o con un tiempo más largo desde que tuvo lugar tráfico serían las primeras estaciones en ser escaneadas. Adicionalmente, el escaneado puede tener lugar más frecuentemente para el sistema completo cuando la señal que observa la métrica de calidad de la señal cambia dramática y frecuentemente, tal como en entornos altamente reflectores, entornos multitrayecto y lugares con gran cantidad de objetos en movimiento. La captura de métricas de calidad de la señal durante el tráfico normal también puede incluir la configuración de la antena en diferentes configuraciones aceptables, pero no óptimas, para capturar métricas de calidad de la señal para otras configuraciones y reducir la necesidad de escaneado. Por ejemplo, con referencia a la Tabla 1 anterior, la estación A podría comunicar periódica u ocasionalmente para un tráfico normal en cualquier configuración salvo la configuración 9 para capturar la métrica de calidad de la señal para esas configuraciones diferentes incluso aunque su configuración óptima en el conjunto viable sea la configuración 1.

Además de la configuración del sistema de antena configurable del punto de acceso, puede variarse también la potencia de la señal transmitida por el punto de acceso (y la potencia de la señal transmitida por las estaciones) para optimizar la operación de la red inalámbrica. En muchas redes inalámbricas, las características de transmisión mejoradas permiten velocidades de transmisión de datos más altas. Por ejemplo, el IEEE 802.11a y g (y borrador del n) proporcionan transmisión de datos a varias velocidades usando diferentes mecanismos de codificación de datos con diferentes tasas de rendimiento de datos, tales como OFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal), dependiendo de la calidad de la señal transmitida. La variación de la potencia de la señal transmitida junto con la configuración del sistema de antena configurable puede conducir a una optimización adicional de la transmisión de datos a través de la red inalámbrica. Por ejemplo, puede seleccionarse para cada estación el nivel de potencia de transmisión más bajo que consigue el rendimiento más alto. Este planteamiento puede disminuir la interferencia con otras redes próximas. Por ejemplo, la transmisión de la señal con un nivel de potencia mayor que el necesario para conseguir la codificación con la velocidad de bits más alta posible puede provocar innecesariamente interferencias con otras redes adyacentes o próximas. Además, la variación de la potencia de la señal transmitida desde el punto de acceso puede impedir la transmisión de una señal demasiado intensa a una estación próxima (respecto a una alejada) lo que puede provocar distorsión y degradación de la calidad de la señal en ciertas circunstancias.

La Figura 4 es un gráfico de flujo de una realización de la operación del punto 110 de acceso en relación a la optimización de la configuración de antena. Como se ha descrito anteriormente en conexión con la Figura 1, un punto de acceso puede tener tres estados de operación que pueden considerarse operación normal en conexión con la optimización o selección de la configuración de antena. Esos estados se han descrito anteriormente como el estado en el que el punto de acceso está cerca de transmitir un paquete a una estación, el estado en el que el punto de acceso recibe un paquete desde la estación, y el estado en el que el punto de acceso está inactivo. Estos estados se engloban dentro de la “operación normal” 410 y 430 en la Figura 4. Durante ciertos intervalos de tiempo, el punto de acceso realiza las operaciones que le permiten determinar las configuraciones de antena óptimas. Se hace referencia a este proceso como la optimización de antena que se representa por el bloque 420. La

determinación de cuándo debería realizarse la optimización de antena se describe con más detalle a continuación. Como se representa en el gráfico de flujo de la Figura 4, después de que se completa la optimización de antena 420, el punto de acceso vuelve entonces a la operación normal 430. El paso por ciclos entre operación normal y optimización de antena continua a todo lo largo de la operación del punto de acceso. Sin embargo, en una realización la optimización de antena puede interrumpirse de modo que no interfiera con la calidad de servicio y se reanuda a continuación después de que se hayan satisfecho las obligaciones respecto a calidad de servicio.

La optimización de antena comienza por la selección de una posición o configuración de antena tal como se representa por el bloque 422. La antena se fija entonces en esa configuración y se mide la métrica de calidad de la señal para una o más transmisiones con la antena en esa configuración tal como se representa por el bloque 424. En esta etapa 424, puede determinarse también el nivel de potencia apropiado para la transmisión a la estación. En una realización la métrica de calidad de la señal se mide para una única estación mediante el envío de una solicitud de consulta desde el punto de acceso a una estación y la recepción de la respuesta desde la estación consultada en el punto de acceso. Alternativamente, puede medirse durante esta etapa la métrica de calidad de la señal para más de una estación.

El punto de acceso determina entonces si el proceso debería repetirse para una configuración de antena adicional como se representa por el bloque de decisión 426. El criterio para esa determinación puede incluir, por ejemplo, si los paquetes están respaldados para transmisión en el punto de acceso, la cantidad total de tiempo transcurrido en la realización de la evaluación, y la relación del número de clientes y el nivel de métrica de calidad ya hallado. Como se representa por los bloques 428, la mejor posición para cualquiera de las estaciones para las que se midió la métrica de calidad de la señal durante la optimización de antena se reevalúa a continuación basándose en las nuevas mediciones para identificar la mejor configuración de antena para esa estación.

Alternativamente, el punto de acceso puede transmitir un paquete (preferentemente, el tipo de paquete más pequeño permitido) en cada una de las posibles configuraciones en una serie. Una o más estaciones pueden determinar entonces qué configuración fue la mejor para ellas. Las una o más estaciones pueden transmitir entonces la información al punto de acceso. Cuando las estaciones tienen sistemas de antena configurables, esto puede hacerse a la inversa para permitir a las estaciones determinar sus mejores configuraciones. El punto de acceso puede almacenar la mejor configuración de antena para cada estación en la memoria y utilizarla posteriormente cuando necesita comunicar con cualquiera de las estaciones.

Cuando una estación utiliza un sistema de antena configurable, puede haber un problema en que la estación y el punto de acceso tengan la posibilidad de bloquearse entre sí o seleccionar una "mejor configuración" mientras no se apunta a la configuración de antena correcta (o la mejor) para el rendimiento más elevado. Por ejemplo, esto puede suceder cuando el punto de acceso y la estación se usan en modo puente (o lo que es conocido como modo infraestructura). Por lo tanto, en una realización, la estación se configura para funcionar como sigue. Tras la activación o inicialización, la estación opera en un modo pseudo-omnidireccional con todos los elementos de antena habilitados. Alternativamente, la antena de la estación se configura de modo que proporcione el mejor patrón omnidireccional posible. La estación entonces espera a que suceda una asociación a un punto de acceso. La estación continúa funcionando en la misma configuración de antena hasta que el punto de acceso haya completado dos ciclos de optimización de antena (420). La estación puede realizar entonces su propia optimización. El periodo para la realización de la optimización por parte de la estación se selecciona para que sea un periodo no integral de la optimización en el punto de acceso (al menos duplicado para permitir que tengan lugar dos escaneados del punto de acceso). Este proceso permite al punto de acceso determinar primero la mejor dirección para apuntar a la estación cuando la estación está en modo omnidireccional y a continuación, solo después de que se haya optimizado el punto de acceso, permitir que la estación se optimice. Esto también minimiza la posibilidad de que el punto de acceso y la estación solapen sus ciclos de optimización.

La Figura 5 es una línea de tiempo que representa una realización de la operación de un punto de acceso, tal como el punto de acceso representado en la Figura 1, con relación a la optimización de antena y operación normal. A diferencia del sistema representado en la Tabla 1 anterior, en la Figura 5 la antena de dirección versátil solo tiene 8 posibles configuraciones. El proceso de optimización de antena se representa por la línea de tiempos superior por los periodos de tiempo 510, 520 y 530. La línea de tiempo inferior es una vista ampliada del periodo de tiempo 510.

Durante el proceso de optimización de antena se detiene el tráfico de datos regular para no afectar a las mediciones de métrica de calidad de la señal. Esta interrupción del tráfico de datos puede considerarse como sobrecarga introducida por la optimización de antena. La cantidad de sobrecarga provocada por el proceso de optimización de antena depende de la cantidad de tiempo requerido para realizar el proceso (duración) y la cantidad de tiempo entre el que transcurre la repetición del proceso de optimización (periodo o frecuencia).

$$\text{Sobrecarga} = \frac{\text{Duración de optimización}}{(\text{Periodo de optimización} + \text{duración})} \times 100 \%$$

En general, la duración de la optimización es igual a la suma de la cantidad de tiempo requerido para medir la métrica de calidad de la señal para cada configuración de antena. La duración del proceso de optimización puede variar dependiendo del número de estaciones y otros factores tales como tiempos de espera. Un tiempo de espera

5 puede tener lugar cuando el punto de acceso transmite una solicitud a una estación (por ejemplo, una solicitud de consulta a la que se espera que responda una estación) y no recibe una respuesta dentro de un período de tiempo de espera predeterminado. En el ejemplo representado en la Figura 5 el tiempo requerido para medir la métrica de señal para configuraciones de antena 1-8 es de 3, 2, 4, 5, 2, 4, 2 y 2 milisegundos, respectivamente. Por lo tanto, el proceso de optimización de antena requiere 24 milisegundos. Si el tiempo entre periodos de optimización es de cuatro segundos, entonces la sobrecarga es $24 / (4000 + 24) \times 100 \% = 0,6 \%$ de sobrecarga. La duración de la optimización y el periodo de optimización son parámetros ajustables. Pueden fijarse y ajustarse de modo que la sobrecarga impuesta sobre el punto de acceso no exceda un valor deseado o seleccionado.

10 En una realización, cuando el punto de acceso tiene múltiples estaciones asociadas, el proceso de optimización de antena se realiza solamente para una estación durante un período de optimización. El proceso de optimización de antena puede realizarse para cada estación en turnos o de acuerdo con otros criterios, tales como más frecuentemente para estaciones con señales que varían más a lo largo del tiempo que otras estaciones o menos frecuentemente, o no en absoluto para estaciones con señales muy fuertes.

15 Las Figuras 6A y 6B son líneas de tiempo que representan optimización de antena que se realiza en un sistema que tiene dos estaciones en la Figura 6A y para un sistema que tiene tres estaciones en la Figura 6B. La escala de las dos líneas de tiempo es la misma. La comparación de la Figura 6A y la Figura 6B muestra que la realización del proceso de optimización de antena para una estación por periodo de optimización y la realización de la optimización para cada estación por turnos provoca que el periodo optimización para una única estación se incremente cuando se añaden estaciones a la red inalámbrica. Por ejemplo, si el periodo de optimización es de dos segundos, en el sistema representado por la línea de tiempo de la Figura 6A, el periodo optimización para cada estación individual es de cuatro segundos. En el sistema representado en la línea de tiempo de la Figura 6B, el periodo optimización para cada estación se ha incrementado a seis segundos.

20 Por lo tanto, puede ser beneficioso tener en cuenta otros factores cuando se determina para qué estación realizar la optimización. Por ejemplo, una vez que se ha determinado el proceso de optimización de antena para todas las estaciones, un análisis de esos datos puede determinar que ciertas estaciones se posicionan con relación al punto de acceso de modo que su métrica de calidad de la señal es suficientemente alta para todas las configuraciones de antena de modo que no necesita ejecutarse de nuevo para esa estación el proceso de optimización de antena, o solo se necesitará ejecutar raramente para esa estación, o puede ejecutarse cuando se detecta una caída dramática en la métrica de calidad de la señal durante el tráfico normal. Este planteamiento reduce el número de estaciones para las que ha de ejecutarse el proceso de optimización de antena de una forma rutinaria y por lo tanto puede incrementar la frecuencia con la que se realiza el proceso de optimización de antena sobre las estaciones restantes. Para incrementar adicionalmente la eficiencia de la optimización de antena y para disminuir por lo tanto la cantidad de sobrecarga que impone sobre el punto de acceso, puede racionalizarse el proceso global de optimización de antena mediante la utilización de una o más de las siguientes modificaciones. El número de configuraciones de antena medidas por proceso de optimización puede reducirse mediante la no medición, o medición infrecuentemente, de posiciones que han mostrado estadísticamente métricas bajas o altas. Las estaciones que han estado inactivas durante un período de tiempo predeterminado pueden saltarse también en el proceso de optimización.

25 La Figura 7 es un diagrama de estado más detallado de una realización de la operación de un punto de acceso con relación a la configuración del sistema de antena. El punto de acceso comienza en un estado 710 inactivo. En el estado 710 inactivo no se han asociado o registrado aún estaciones con el punto de acceso. Por ejemplo, este estado sucedería cuando un punto de acceso se inicializa en primer lugar. Cuando el punto de acceso está en el estado 710 inactivo, escanea continuamente a través de cada una de las configuraciones de antena disponibles. Por ejemplo, puede configurar el sistema de antena para cada una de las configuraciones disponibles durante 300 milisegundos por configuración y continuar pasando en ciclos a través de esas configuraciones hasta que se detecta una estación. Alternativamente, el sistema de antena puede permanecer en una única configuración, por ejemplo una configuración omnidireccional, hasta que se detecte una estación.

30 Una vez se detecta la primera estación y queda asociada o registrada con el punto de acceso, el punto de acceso pasa al estado 720 de tránsito. En el estado 720 de tránsito los paquetes recibidos desde la estación se procesan como sigue. Todos los paquetes recibidos son meramente enrutados. Por ejemplo, en la realización en la que el punto de acceso es un enrutador inalámbrico, tal como un enrutador DSL, los paquetes recibidos se transmitirían a la conexión DSL. El punto de acceso no tiene en cuenta la configuración óptima para la estación de transmisión. Alternativamente, cuando se recibe un paquete desde una estación, el sistema de antena puede conmutarse a continuación a la configuración que proporciona la mejor conexión con esa estación o a la configuración que se define como la óptima para esa estación (por ejemplo, teniendo en cuenta otros factores distintos a la calidad de la señal desde esa estación).

35 En el estado 720 de tránsito los paquetes que se transmiten por el punto de acceso a una estación se manejan como sigue. Cuando está listo un paquete para ser transmitido, el sistema de antena se configura a la configuración que proporciona el mejor enlace de comunicación con esa estación y el punto de acceso pasa al estado 730 de envío.

En una realización cuando solo hay una estación asociada con el punto de acceso, durante la mayoría del tiempo el punto de acceso mantiene el sistema de antena en la configuración que proporciona la mejor conexión con esa estación. Sin embargo, debido a que esa configuración puede impedir la capacidad de que se asocien o registren otras estaciones con el punto de acceso, durante periodos en los que no se están recibiendo paquetes desde la estación asociada o se están transmitiendo a la estación asociada, el punto de acceso puede configurarse para configurar periódicamente el sistema de antena a una o más configuraciones diferentes. Por ejemplo, puede configurarse una antena de dirección versátil a una configuración que proporcione ganancia en la dirección que es la opuesta a la configuración del cliente asociado.

Cuando el punto de acceso está en el estado 730 de envío, todos los paquetes recibidos desde estaciones se enrutan inmediatamente. Los paquetes salientes transmitidos se tratan de modo diferente, dependiendo de la naturaleza del tráfico de transmisión. Cuando no hay paquetes en cola (paquetes que el punto de acceso en espera de ser transmitidos) y todos los paquetes salientes se dirigen a la misma estación, se envían inmediatamente. Tan pronto como se detecta el primer paquete a ser transmitido a otra estación, el punto de acceso comienza a poner en cola paquetes a ser transmitidos. En una realización, se establece una cola separada para cada estación para la que se han recibido paquetes de transmisión. Alternativamente, las colas pueden establecerse basándose en configuraciones de antena. Por ejemplo, si dos estaciones tienen la misma configuración de antena preferida, sus paquetes se almacenarían en la misma cola. El punto de acceso selecciona entonces una de las colas para la que se han recibido paquetes de transmisión y transmite un número predeterminado de esos paquetes. Previamente a la transmisión de esos paquetes, el sistema de antena se configura en la configuración que es óptima para esa estación (o estaciones). Tan pronto como se completa el envío de esos paquetes, el punto de acceso selecciona la siguiente cola de transmisión para la siguiente estación para la que se han puesto en cola paquetes y transmite todos esos paquetes hasta un número máximo preestablecido. Antes de esa transmisión, la antena de dirección versátil se configura de nuevo a la configuración que proporciona la mejor conexión para esa estación (o estaciones). Este proceso continúa hasta que se han transmitido todos los paquetes en cola.

Además, en sistemas que incluyen calidad de servicio (QoS), el punto de acceso también tiene en cuenta la QoS asociada con el paquete y/o una estación cuando se determina qué cola debería transmitirse y cuántos paquetes deberían transmitirse en una cola. El punto de acceso también puede tener en cuenta la duración de tiempo requerida para cambiar la configuración del sistema de antena como parte de ese proceso, por ejemplo, puede una antena reconfigurarse entre las transmisiones de paquetes individuales sin imponer una degradación inaceptable del rendimiento. En sistemas con QoS, el punto de acceso selecciona qué cola transmitir y cuántos paquetes deberían transmitirse en la cola antes de moverse a una cola diferente basándose en el esquema de QoS del sistema. En otras palabras, la optimización de la transmisión de paquetes depende de la QoS asociada con el paquete.

Además, el punto de acceso puede mantener colas separadas para multiemisión y para difusión. Los paquetes que se difunden (dirigidos a ser recibidos por todas las estaciones) se mantienen en una cola de difusión y el sistema de antena se configura en una posición que proporciona la mejor transmisión global para todas las estaciones (por ejemplo, la posición inactiva) cuando se transmite dicha cola. Los paquetes multiemisión son paquetes dirigidos a grupos seleccionados estaciones. La configuración de antena para la transmisión de un paquete multiemisión será preferentemente una que maximice la calidad de transmisión para el grupo de receptores a los que se dirige. Por lo tanto, la configuración de antena para transmisión de un paquete multiemisión dependerá de las estaciones a las que se dirige el paquete.

Una vez que se han vaciado todas las colas, el punto de acceso pasa al estado 720 de tránsito. Cuando el punto de acceso está en el estado de envío, determina periódicamente si debiera iniciarse el proceso de optimización. Cuando determina que debiera iniciarse ese proceso, pasa al estado 740 de optimización. Por ejemplo, la optimización puede planificarse para tener lugar de modo periódico fijo. Alternativamente, el instante del proceso de optimización puede ser dinámico de modo que mantenga la sobrecarga incurrida por el proceso de optimización por debajo de un valor predeterminado. Alternativamente, el punto de acceso puede pasar desde el estado 720 de tránsito al estado 740 de optimización. De nuevo, la optimización puede planificarse o puede ser dinámica.

En el estado 740 de optimización, el punto de acceso selecciona la estación para la que se realizará el proceso de optimización. Las formas en que puede realizarse esa determinación se describieron anteriormente. El punto de acceso mide entonces la calidad del enlace en cada una de las configuraciones de antena permitidas, recalcula el conjunto viable de posiciones de antena y determina la mejor posición viable para esa estación. A continuación, dependiendo de si hay paquetes de transmisión pendientes, el punto de acceso pasa o bien al estado de tránsito o bien al estado de envío. Mientras el punto de acceso está en el estado de optimización, todos los paquetes entrantes a ser transmitidos se colocan en las colas.

La Figura 8A es un diagrama funcional de bloques de una realización alternativa de un dispositivo 800 de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede ser un enrutador inalámbrico, una estación o un dispositivo cliente, o un punto de acceso fijo o móvil, u otro tipo de dispositivo de comunicación inalámbrico. El dispositivo 800 inalámbrico emplea tecnología MIMO (entrada múltiple salida múltiple).

El dispositivo 800 inalámbrico incluye el sistema de antena que incluye cuatro antenas direccionales. Se describen a continuación ejemplos del sistema de antena. En una realización, los patrones de cada una de las antenas

direccionales son casi mutuamente exclusivos. Por ejemplo cada elemento de antena puede configurarse para cubrir principalmente un cuadrante. Alternativamente, pueden usarse dos elementos de antena en oposición con patrones mutuamente exclusivos, o casi mutuamente exclusivos. Los elementos 802a y 802b de antena se acoplan a un primer sistema 804a conmutador. De modo similar, los elementos 802c y 802d de antena se acoplan a un segundo sistema 804b conmutador. Los conmutadores 804a y b pueden conmutar entre trayectorias de transmisión y recepción de sus transceptores de radio asociados, 806a y b respectivamente. Adicionalmente, los conmutadores 804a y b pueden conmutar entre sus dos antenas asociadas. De esa manera las trayectorias de transmisión y recepción de cada radio pueden acoplarse a una de las dos antenas en cualquier punto en el tiempo. Un procesador de banda base o MIMO 808 se acopla cada una de las radios y proporciona señales de control a cada uno de los conmutadores. Sin embargo, la función de control de los conmutadores puede implementarse también en las radios. Los procedimientos descritos en el presente documento pueden implementarse en el procesador de banda base o en las radios para determinar qué antena usar en qué momento.

La Figura 8B es un diagrama de bloques funcional de una realización alternativa del dispositivo inalámbrico representado en la Figura 8A. El sistema representado en la Figura 8B utiliza tres radios 806a, b y c en lugar de las dos representadas en la Figura 8A.

El dispositivo inalámbrico incluye un sistema de antena que incluye 4 antenas direccionales. Ejemplos del sistema de antena se describen a continuación. En esta realización, el primer sistema 804a conmutador se acopla al elemento 802a de antena y a un conmutador 804c de diversidad. De modo similar, el segundo conmutador 804b se acopla al elemento 802d de antena y al conmutador 804c de diversidad. El conmutador 804c de diversidad se acopla a los elementos 802b y c de antena y a un conmutador 805 de transmisión/recepción. El conmutador 805 de transmisión/recepción conmuta entre las trayectorias de transmisión y recepción de la radio 806c. Esta disposición permite a la radio 806a acoplarse al elemento 802a o b de antena, a la radio 806b acoplarse al elemento 802c o d de antena y a la radio 806c acoplarse al elemento 802b o c de antena. El procesador 808 de banda base o MIMO implementa un proceso que asigna prioridades y resuelve conflictos entre las radios. Por ejemplo, la radio 806c puede tener una primera elección de elementos 802b y c de antena. El elemento de antena que no se selecciona se pone entonces a disposición de la otra radio asociada. En una realización alternativa, el conmutador de diversidad se configura para permitir que las radios 806a y b accedan a ambos elementos 802b y c de antena. Los procedimientos descritos en el presente documento pueden implementarse en el procesador de banda base o en las radios para determinar qué antena usar en qué momento.

Para las diversas realizaciones descritas en conexión con las Figuras 8A y B, pueden usarse más o menos elementos de antena como lo pueden diferentes combinaciones de conmutación entre las radios y los elementos de antena.

La Figura 9 es un diagrama de bloques funcional que muestra los elementos funcionales de la Figura 2 con detalles adicionales de las funciones de la CPU representada para una realización cuando el control de la antena configurable no está estrechamente integrado con las funciones de la tarjeta 220 de radio. Un módulo 902 de control de antena (el módulo CAC) configurable se muestra insertado entre el manejador 904 de la tarjeta de radio y el controlador 906 del tráfico de datos. El módulo 902 CAC proporciona una interfaz y capa de control entre el manejador 904 de la tarjeta y el controlador 906 del tráfico de datos.

El módulo 902 CAC puede pensarse como una clase de manipulador de paquetes. El módulo CAC puede interceptar todos los paquetes entrantes y salientes y procesarlos de acuerdo con los requisitos de los procedimientos descritos anteriormente en conexión con las Figuras 1-9. El módulo CAC puede modificar paquetes, retardarlos, cambiar el orden de transmisión etc. Todas estas acciones pueden separarse en diversas funciones elementales realizadas sobre los paquetes (por ejemplo enviar, poner en la cola, etc.).

En una realización, el módulo 902 CAC realiza las siguientes funciones:

Relacionada con el flujo de transmisión: recibir paquetes salientes desde el controlador 906 de tráfico de datos; pasar los paquetes salientes (recibidos desde el controlador de tráfico de datos) al manejador 904 de la tarjeta de radio de acuerdo con la temporización de transmisión deseada; informar al controlador 906 de tráfico de datos acerca del estado de los paquetes enviados; formar paquetes propietarios para transmisión (por ejemplo, paquetes enviados como parte del proceso de optimización); pasar los paquetes propietarios generados al manejador 904 de la tarjeta de radio (para transmisión a través del aire);

Relacionada con el flujo de transmisión: recibir paquetes entrantes desde el manejador 904 de la tarjeta de radio; filtrar los paquetes entrantes propietarios (recibidos desde el manejador de la tarjeta de radio) y procesarlos (por ejemplo, paquetes que tengan información de métrica de calidad de la señal y respuestas a solicitudes de consulta usados como parte del proceso de optimización descrito anteriormente); pasa los paquetes de datos entrantes (todos los paquetes que no son propietarios) al controlador 906 de tráfico de datos.

Otras operaciones: formar/generar comandos de control de antena de acuerdo con los procedimientos descritos en conexión con las Figuras 1-9; pasar comandos de control de antena al sistema 602 de antena configurable (directa o indirectamente); recibir comandos desde el controlador 906 de tráfico de datos (por ejemplo opciones de

configuración y solicitudes de información específica); y pasar la información específica (por ejemplo relacionada con el modo operación, estadísticas, etc.) al controlador 906 de tráfico de datos.

La Figura 10 es una representación gráfica de las diversas colas utilizadas durante la operación del sistema representado en las Figuras 8A y 8B cuando se configura como un punto de acceso. Cuando los paquetes se reciben por la CPU 214 para transmisión a través de la tarjeta 220 de radio se pasan desde el controlador 906 de tráfico de datos al módulo 902 CAC. Una cola 1002 compartida es accesible por el manejador 904 de la tarjeta de radio y el módulo 902 CAC. Por ejemplo, la cola 1102 compartida puede localizarse en la memoria 216 compartida mostrada en la Figura 2. Se localiza típicamente una cola 1104 MAC sobre la tarjeta 220 de radio y es la localización en la que se almacenan los paquetes de modo inmediatamente previo a la transmisión. El módulo 902 CAC mantiene una serie de colas indicadas en general como 1106. Las colas CAC incluyen una cola para cada estación asociada con el dispositivo inalámbrico y una cola para paquetes que han de difundirse a todas las estaciones. Adicionalmente, el módulo 902 CAC puede mantener una cola para uno o más grupos multiemisión. En general, mediante el control cuidadoso de la colocación de paquetes en la cola 1106 compartida, el módulo CAC puede controlar los tiempos de la transmisión de paquetes por la tarjeta 220 de radio. Esto permite al módulo CAC coordinar la transmisión de paquetes con su control del sistema 602 de antena configurable.

En una realización, cuando el dispositivo inalámbrico se configura como un punto de acceso y tiene solamente una estación asociada, el módulo CAC puede enviar paquetes a ser transmitidos directamente a la cola compartida sin ponerlos en cola. Cuando el módulo CAC está optimizando la antena (descrito anteriormente en conexión con las Figuras 1-9) los paquetes se colocan en la cola asociada con la estación hasta que se acaba la optimización. Cuando se acaba el proceso de optimización, el módulo CAC envía todos los paquetes en cola a la cola 1102 compartida para transmisión. El manejador 1004 de tarjeta de radio es responsable de la transmisión de paquetes desde la cola 1102 compartida a la tarjeta 220 de radio.

Cuando el dispositivo inalámbrico se configura como un punto de acceso y tiene múltiples estaciones asociadas o registradas, el procesamiento de paquetes a ser transmitidos por el módulo CAC es más complicado. El módulo CAC decide si enviar un paquete entrante a la cola 1002 compartida o almacenarla en una de sus colas 1006 internas utilizando uno o más de los siguientes criterios: posición de antena actual, la mejor posición de antena para el destinatario (estación) del paquete, calidad del enlace al destinatario en la posición de antena actual y si son paquetes ya puestos en cola para otras estaciones. Se proporcionarán ahora diversos ejemplos de la operación del módulo CAC.

En el caso en el que el módulo CAC no tenga paquetes almacenados en cualquiera de sus colas 1006 internas, cuando se recibe un paquete para una estación, se envía inmediatamente a la cola 1002 compartida. Adicionalmente cuando se reciben paquetes para una estación diferente que tiene una métrica de calidad de señal que es suficientemente alta para la configuración de antena actual, esos paquetes se transmitirían también inmediatamente a la cola 1002 compartida debido a que la antena no se reconfigurará para la transmisión de esos paquetes. Sin embargo cuando los paquetes se reciben para una estación que requiere reconfiguración del sistema de antena para su transmisión y cuando el módulo CAC no ha recibido aún notificación de que se han transmitido todos los paquetes en la cola compartida, dichos paquetes entrantes se almacenan en una cola asociada con esa estación. Una vez se ha colocado un paquete en una de las colas 1006 internas, todos los paquetes posteriores recibidos por el módulo CAC se colocan en colas, manteniéndose una cola separada para cada destinatario (estación). Esta puesta en cola permite al módulo CAC mantener el orden de los paquetes tan próximos a la secuencia en la que se reciben por el controlador 1006 de tráfico de datos que minimiza el impacto sobre el flujo de datos.

Una vez el módulo CAC recibe notificación de que se han transmitido todos los paquetes que ha colocado previamente en la cola 1002 compartida, el módulo CAC dirige el sistema 202 de antena a la configuración para la estación asociada con los paquetes que han estado en una cola durante más tiempo. Esos paquetes se transmiten a continuación a la cola 1002 compartida. Adicionalmente paquetes para estaciones que pueden transmitirse también en la misma configuración también se transmiten a la cola compartida. Una vez que el módulo CAC recibe notificación de que se han transmitido todos los paquetes que él ha transmitido a la cola compartida repite entonces el proceso para los paquetes que han estado almacenados en la cola durante más tiempo.

La Figura 11 es un gráfico de flujo de una realización de funcionamiento de un dispositivo de comunicación inalámbrico. Por ejemplo, el funcionamiento del dispositivo de comunicación inalámbrico de las Figuras 1-3 y 8-11. El dispositivo de comunicación inalámbrico incluye una pluralidad de radios y una pluralidad de sistemas de antena configurables. El flujo comienza en el bloque 1102 en donde se determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre una primera radio en el dispositivo de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones. Las métricas de calidad de la señal se determinan para la primera radio con un primer sistema de antena configurable con el sistema de antena configurado en una pluralidad de configuraciones. El flujo continúa al bloque 1104 en donde se determina una pluralidad de métricas de calidad de señal de transmisión y recepción para conexiones entre una segunda radio en el dispositivo de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones. Las métricas de calidad de la señal se determinan para la segunda radio con un segundo sistema de antena configurable con el sistema de antena configurado en una pluralidad de configuraciones.

El flujo continúa al bloque 1106 en donde se determina una matriz de conexión. La matriz de conexión incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. El flujo continúa al bloque 1108 en donde se selecciona la configuración de antena para la primera y segunda antenas usando la matriz de conexión.

5 En una realización, la primera y segunda radios pueden transmitir y recibir flujos de datos independientes a una estación. En otra realización, la primera y segunda radios pueden transmitir el mismo flujo de datos a una estación. En aún otra realización, la primera radio puede transmitir un primer flujo de datos a una primera estación y la segunda radio transmite un segundo flujo de datos a una segunda estación simultáneamente. En otra realización más, la primera radio puede transmitir datos a una primera estación y la segunda radio recibir datos desde la primera estación.

10 El primer y segundo sistemas de antena configurables pueden configurarse cuando el dispositivo de comunicación inalámbrico está transmitiendo, o no transmitiendo. La determinación de la métrica de calidad de la señal puede incluir el envío de una solicitud de consulta.

15 En una realización, el dispositivo de comunicación inalámbrico repite la determinación de la pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones para la primera de la pluralidad de radios con el primer sistema de antena configurable en la pluralidad de configuraciones. Repite la determinación de la pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones para la segunda de la pluralidad de radios con el segundo sistema de antena configurable en la pluralidad de configuraciones. Y actualiza la matriz de conexión. Esta repetición, repetición, y actualización puede realizarse a intervalos deseados, o cuando se determina que la métrica de la señal ha cambiado más de una cantidad predeterminada.

20 La Figura 12 es un gráfico de flujo de una realización de la operación de un dispositivo de comunicación inalámbrico. Por ejemplo, la operación del dispositivo de comunicación inalámbrico de las Figuras 1-3 y 8-11. El dispositivo de comunicación inalámbrico incluye una pluralidad de radios y una pluralidad de antenas. El flujo comienza en el bloque 1202 en donde se determina una métrica de calidad de la señal para una primera radio con una primera antena. El flujo continúa al bloque 1204 en donde se determina una métrica de calidad de la señal para una segunda radio con una segunda antena.

25 El flujo continúa al bloque 1206 en donde se selecciona una ganancia de antena global para el dispositivo de comunicación inalámbrico mediante la asignación de diferentes ponderaciones a las señales transmitidas y recibidas por la primera y segunda radios.

30 En una realización, la primera y segunda antenas son configurables. En otra realización, la primera y segunda antenas tienen una configuración predeterminada. La configuración predeterminada puede incluir un patrón de ganancia direccional predeterminado. El patrón de ganancia direccional predeterminado para la primera y segunda antenas puede cubrir diferentes direcciones.

35 En una realización, la asignación de diferentes ponderaciones incluye la aplicación de una combinación de relación máxima a señales recibidas por las radios, o la aplicación de ponderaciones basándose en la calidad de la señal a señales transmitidas por las radios, u otras técnicas para asignar ponderaciones.

40 En una realización, el dispositivo inalámbrico es un punto de acceso. En otra realización, el dispositivo inalámbrico es una estación.

45 La Figura 13 es un gráfico de flujo de una realización de operación de una estación. Por ejemplo, la operación de la estación de las Figuras 1-3 y 8-11. La estación incluye una pluralidad de radios y una pluralidad de antenas configurables. El flujo comienza en el bloque 1302 en donde se determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para una conexión entre la estación y un punto de acceso para una primera radio en la estación con un primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones. El flujo continúa al bloque 1304 en donde se determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la conexión entre la estación y el punto de acceso para una segunda radio en la estación con un segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones.

50 El flujo continúa al bloque 1306 en donde se determina una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios y la pluralidad de configuraciones de la primera y segunda antenas configurables. El flujo continúa al bloque 1308 en donde se selecciona una configuración de antena para la primera y segunda antenas configurables usando la matriz de conexión.

55 En una realización, la primera y segunda radios transmiten y reciben flujos de datos independientes al punto de acceso. En otra realización, la primera y segunda radios transmiten los mismos flujos de datos al punto de acceso. También, la determinación de una métrica de calidad de la señal de transmisión comprende la recepción de una solicitud de consulta.

Se han descrito diversas implementaciones ilustrativas de la presente invención. Sin embargo, un experto en la materia verá que son también posibles implementaciones adicionales y dentro del alcance de la presente invención.

5 En consecuencia, la presente invención no está limitada solamente a aquellas implementaciones descritas anteriormente. Los expertos en la materia apreciarán que los diversos módulos ilustrativos y etapas del procedimiento descritos en conexión con las figuras anteriormente descritas y las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse frecuentemente como hardware electrónico, software, firmware o combinaciones de los anteriores. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, se han descrito diversos módulos ilustrativos y etapas del procedimiento anteriormente generalmente en términos de su funcionalidad. Si dicha funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación particular y restricciones de diseño impuestos sobre sistema global. Los expertos pueden implementar la funcionalidad descrita en formas variables para cada aplicación particular, pero dichas decisiones de implementación no deberían interpretarse como causantes de una desviación del alcance de la invención. Además, la agrupación de funciones dentro de un módulo o etapa es por facilidad de descripción. Las funciones específicas pueden trasladarse desde un módulo o etapa a otro sin apartarse de la invención.

15 Más aún, los diversos módulos ilustrativos y etapas del procedimiento descritos en conexión con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de finalidad general, un procesador de señal digital ("DSP"), un circuito integrado de aplicación específica ("ASIC"), una matriz de puertas programables en campo ("FPGA") u otro dispositivo lógico programable, lógica de puertas o transistor discreta, componentes de hardware discretos, o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de finalidad general puede ser un microprocesador, pero como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador, o máquina de estado. Un procesador puede implementarse también como una combinación de dispositivos de cálculo, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores en conjunto con un núcleo de DSP, o cualquier otra de dichas configuraciones.

20 Adicionalmente, las etapas del procedimiento o algoritmo descrito en conexión con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador, o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, disco duro, disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medios de almacenamiento incluyendo un medio de almacenamiento en red. Un medio de almacenamiento de ejemplo puede acoplarse al procesador de modo que el procesador pueda leer la información desde, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede ser parte integral del procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir también en un ASIC.

30 La descripción anterior de las implementaciones divulgadas se proporciona para permitir a cualquier experto en la materia hacer o usar la invención. Serán fácilmente evidentes para esos expertos en la materia diversas modificaciones a estas implementaciones, y los principios genéricos descritos en el presente documento pueden aplicarse a otras implementaciones sin apartarse del alcance de la invención. Por ello, se ha de entender que la descripción y dibujos presentados en el presente documento representan implementaciones de ejemplo de la invención y son por lo tanto representativos de la materia objeto que se contempla ampliamente por la presente invención. Se entiende adicionalmente que el alcance de la presente invención engloba totalmente otras implementaciones y alcance de la presente invención no está limitado en consecuencia por nada distinto a las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de operación de un primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrico con una pluralidad de radios (210; 310a - 310n) y una pluralidad de sistemas (202; 303a - 303b) de antena configurables, que comprende:
 - 5 determinar una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrico y una pluralidad de estaciones (120A - 120D) para una primera radio (210; 310a - 310n) en el primer dispositivo de comunicación inalámbrico con un primer sistema (202; 303a - 303b) de antenas configurable, que comprende recibir transmisiones desde la pluralidad de estaciones (120A - 120D) mientras se ajusta el primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones;
 - 10 determinar una pluralidad de métricas de calidad de señal de transmisión y recepción para conexiones entre el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones (120A - 120D) para una segunda radio (210; 310a - 310n) en el primer dispositivo de comunicación inalámbrico con un segundo sistema (202; 303a - 303b) de antenas configurable, comprendiendo la recepción de transmisiones desde la pluralidad de estaciones (120A - 120D) mientras se ajusta el segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones;
 - 15 determinar una matriz de conexión que incluye métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios (210; 310a - 310n) y la pluralidad de configuraciones del primer y segundo sistemas (202; 303a - 303b) de antenas configurables;
 - 20 determinar un conjunto viable de configuraciones usando la matriz de conexión, en el que el conjunto viable se define como el conjunto de configuraciones de antena posibles en donde todas de la pluralidad de estaciones (120A - 120D) pueden oírse; y seleccionar una configuración de antena de entre el conjunto viable para el primer y segundo sistemas (202; 303a - 303b) de antena usando la matriz de conexión.
- 25 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la primera y segunda radios (210; 310a - 310n) transmiten y reciben flujos de datos independientes.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la primera y segunda radios (210; 310a - 310n) transmiten el mismo flujo de datos.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que determinar una métrica de calidad de la señal de transmisión comprende recibir una solicitud de consulta.
- 30 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que determinar una métrica de calidad de la señal comprende enviar una solicitud de consulta.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica es un punto de acceso.
- 35 7. El procedimiento de la reivindicación 1 o 6, en el que la primera radio (210; 310a - 310n) transmite un primer flujo de datos a una primera estación (120A - 120D) y la segunda radio (210; 310a - 310n) transmite un segundo flujo de datos a una segunda estación (120A - 120D) simultáneamente.
8. El procedimiento de la reivindicación 1 o 6, en el que la primera radio (210; 310a - 310n) transmite datos a una primera estación (120A - 120D) y la segunda radio (210; 310a - 310n) recibe datos desde la primera estación (120A - 120D).
- 40 9. El procedimiento de la reivindicación 1 o 6, que comprende adicionalmente configurar el primer y segundo sistemas (202; 303a - 303b) de antena configurables cuando el dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica no está transmitiendo.
10. El procedimiento de la reivindicación 1 o 6, que comprende adicionalmente configurar el primer y segundo sistemas (202; 303a - 303b) de antena configurables cuando el dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica está transmitiendo.
- 45 11. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:
 - 50 repetir la determinación de la pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones (120A - 120D) para la primera de la pluralidad de radios con el primer sistema de antena configurable en la pluralidad de configuraciones;
 - 55 repetir la determinación de la pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones (120A - 120D) para la segunda de la pluralidad de radios con el segundo sistema de antena configurable en la pluralidad de configuraciones; y

actualizar la matriz de conexión.

12. Un primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica que comprende:

una pluralidad de radios (210; 310a - 310n) y una pluralidad de sistemas (202; 303a - 303b) de antena configurables;

5 un procesador (214; 314) que determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica y una pluralidad de estaciones (120A - 120D) para una primera radio (210; 310a - 310n) en el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica con un primer sistema (202; 303a - 303b) de antena configurable, en el que determinar las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción incluye recibir transmisiones desde la pluralidad de estaciones mientras se ajusta el primer sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones;

10 el procesador determina una pluralidad de métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para conexiones entre el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrico y la pluralidad de estaciones (120A - 120D) para una segunda radio (210; 310a - 310n) en el primer dispositivo de comunicación inalámbrica con un segundo sistema (202; 303a - 303b) de antena configurable, en el que determinar las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción incluye recibir transmisiones desde la pluralidad de estaciones mientras se ajusta el segundo sistema de antena configurable en una pluralidad de configuraciones;

15 el procesador (214; 314) determina una matriz de conexión que incluye las métricas de calidad de la señal de transmisión y recepción para la primera y segunda radios (210; 310a - 310n) y la pluralidad de configuraciones del primer y segundo sistemas (202; 303a - 303b) de antena configurables;

20 el procesador determina un conjunto viable de configuraciones usando la matriz de conexión, en el que el conjunto viable se define como el conjunto de configuraciones de antena posibles en donde todas de la pluralidad de estaciones (120A - 120D) pueden oírse; y

25 un módulo (221; 321) de control de antena que selecciona una configuración de antena de entre el conjunto viable para el primer y segundo sistemas de antena usando la matriz de conexión.

13. El dispositivo de la reivindicación 12 en el que el primer dispositivo (110; 200; 300) de comunicación inalámbrica es un punto de acceso.

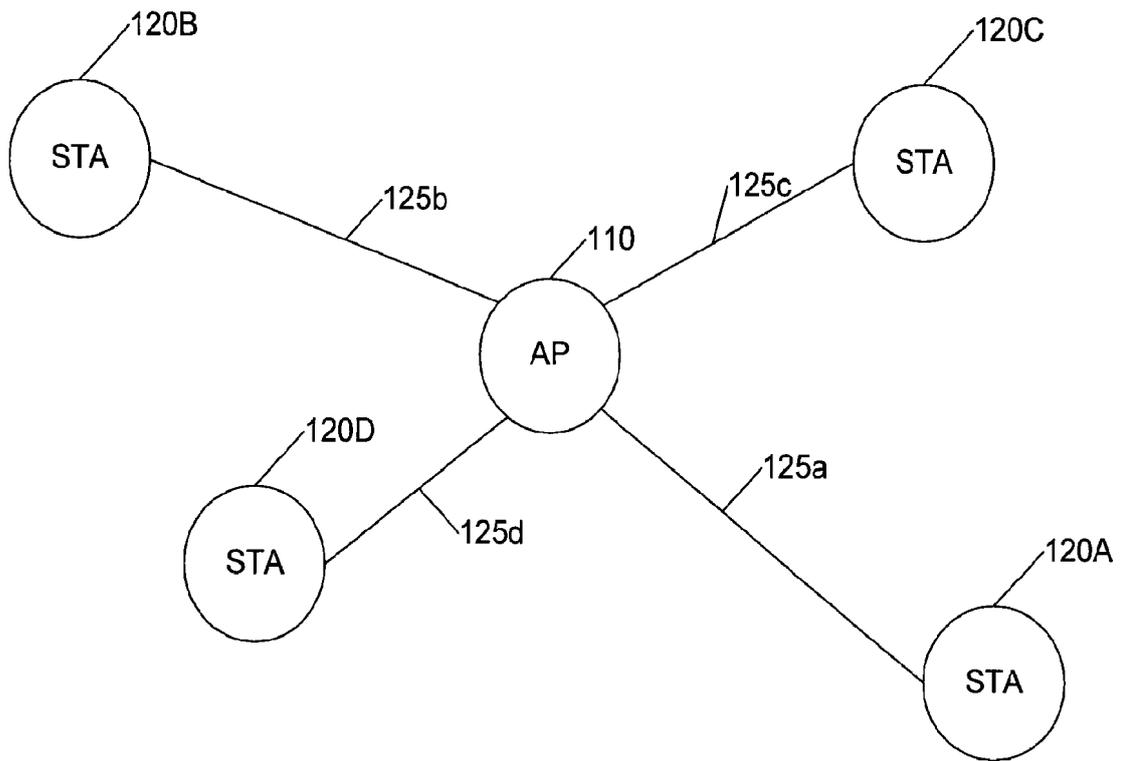


FIGURA 1

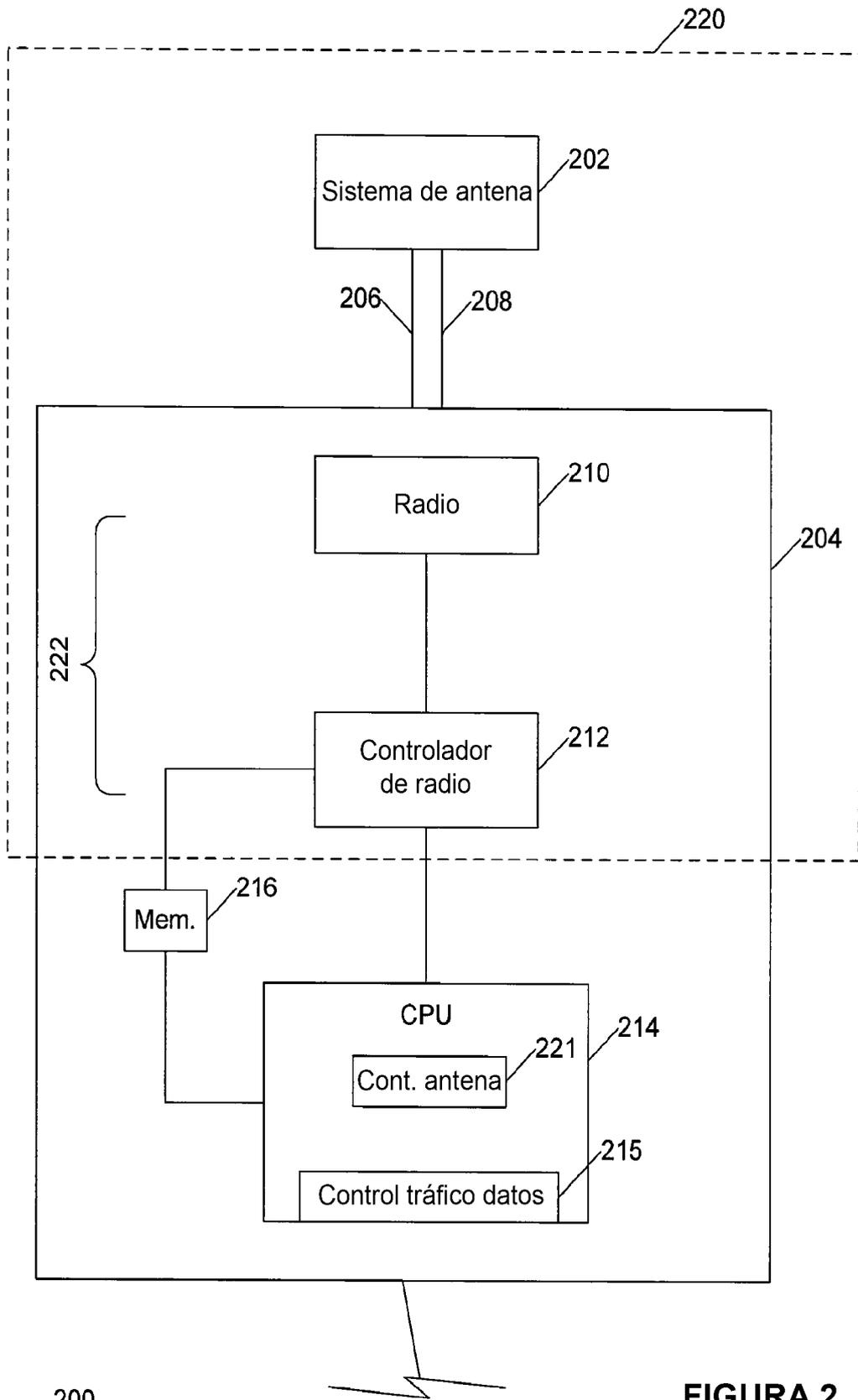
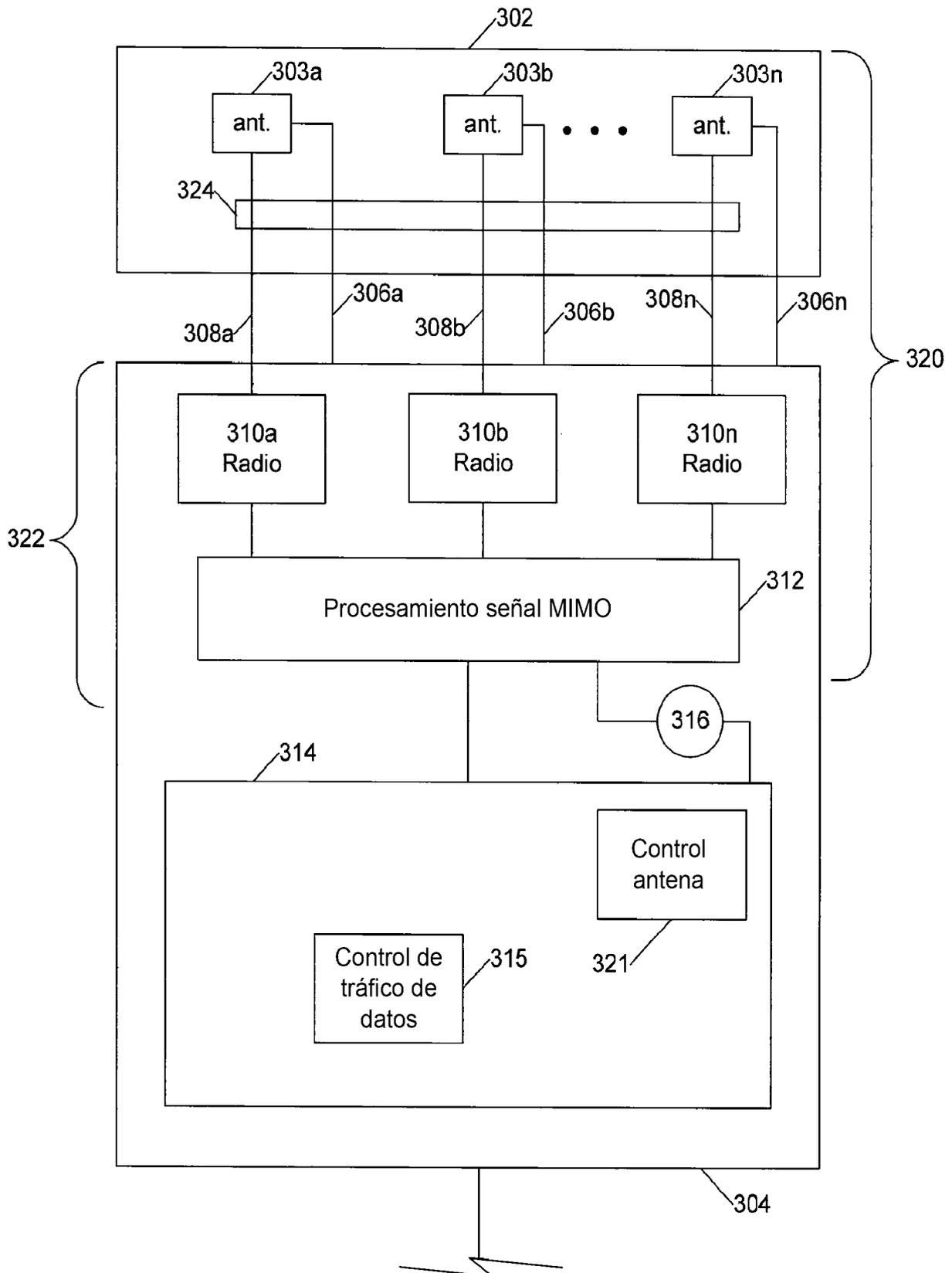


FIGURA 2



300

FIGURA 3

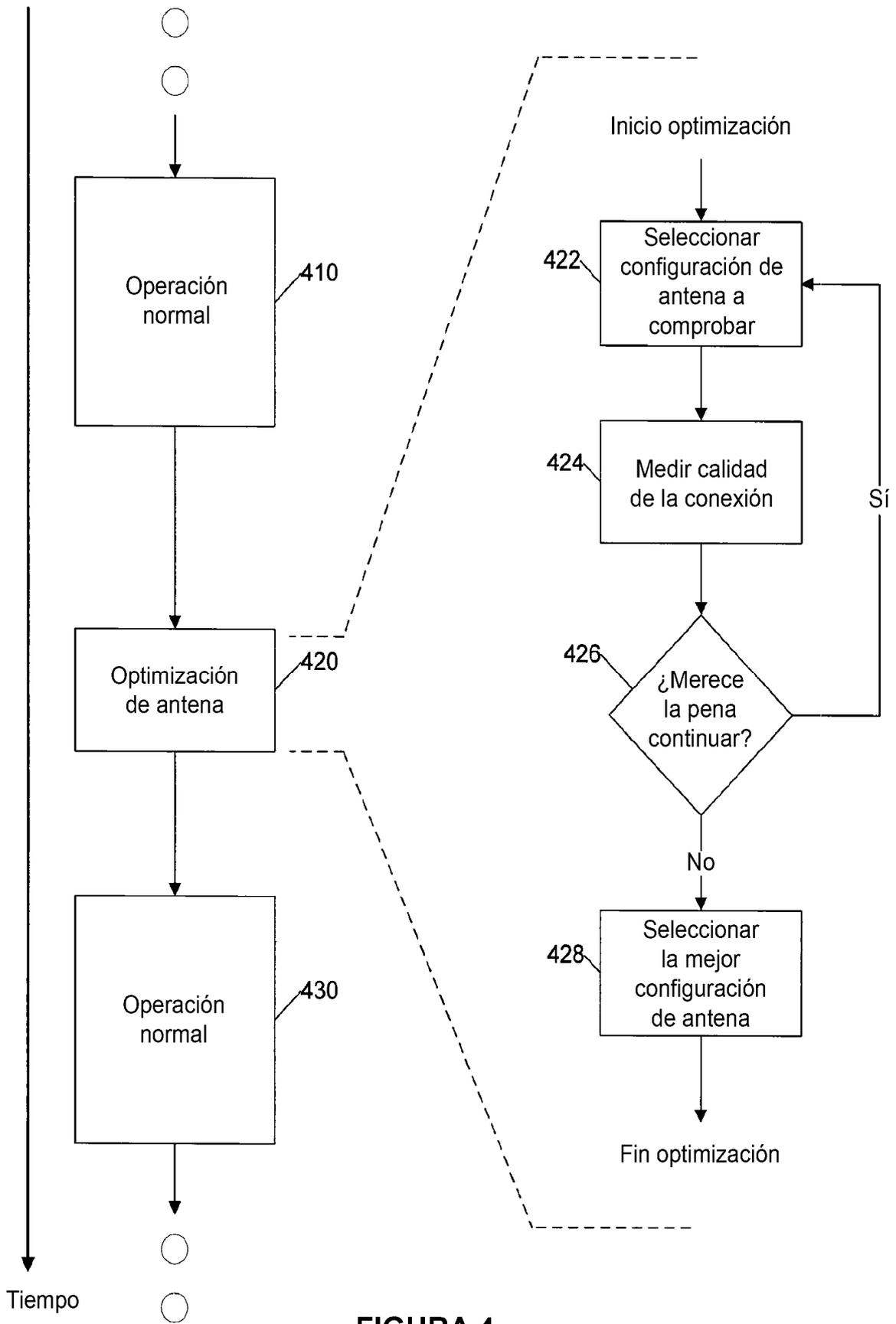


FIGURA 4

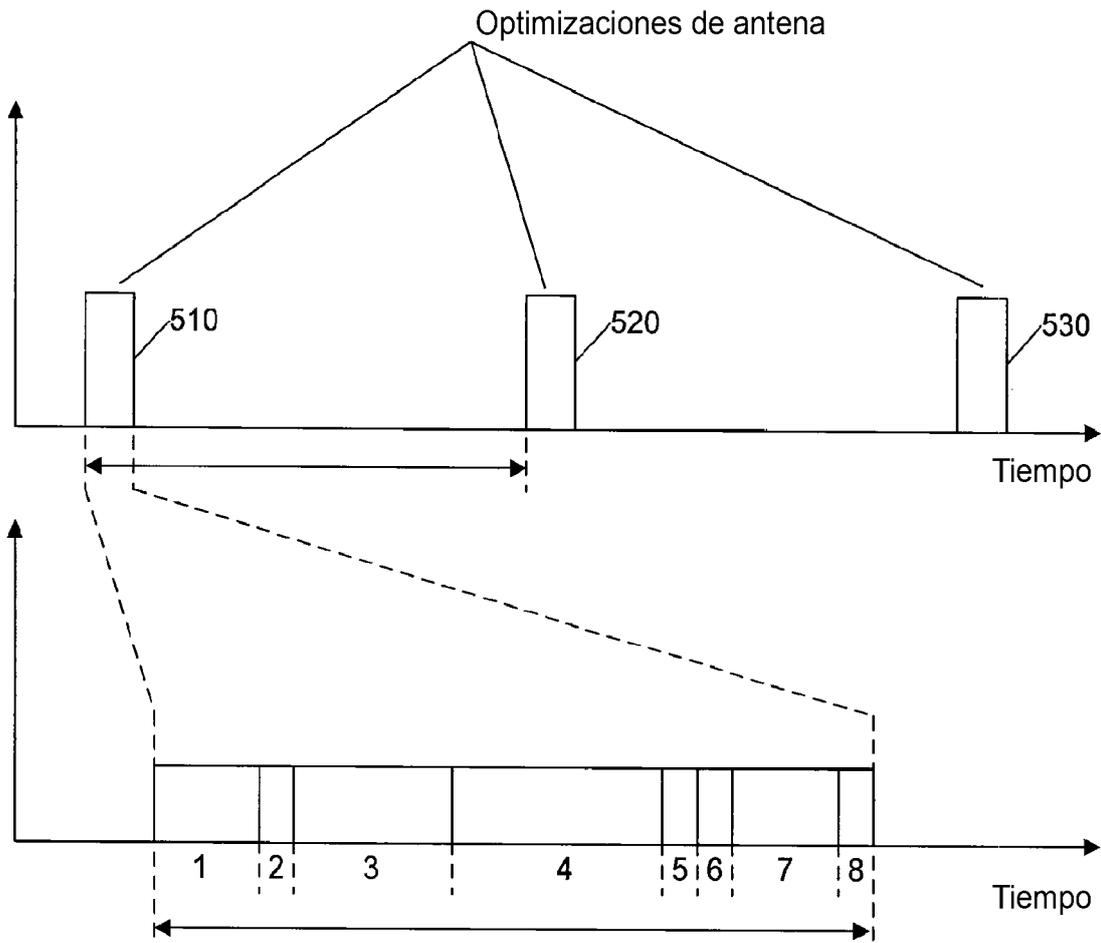


FIGURA 5

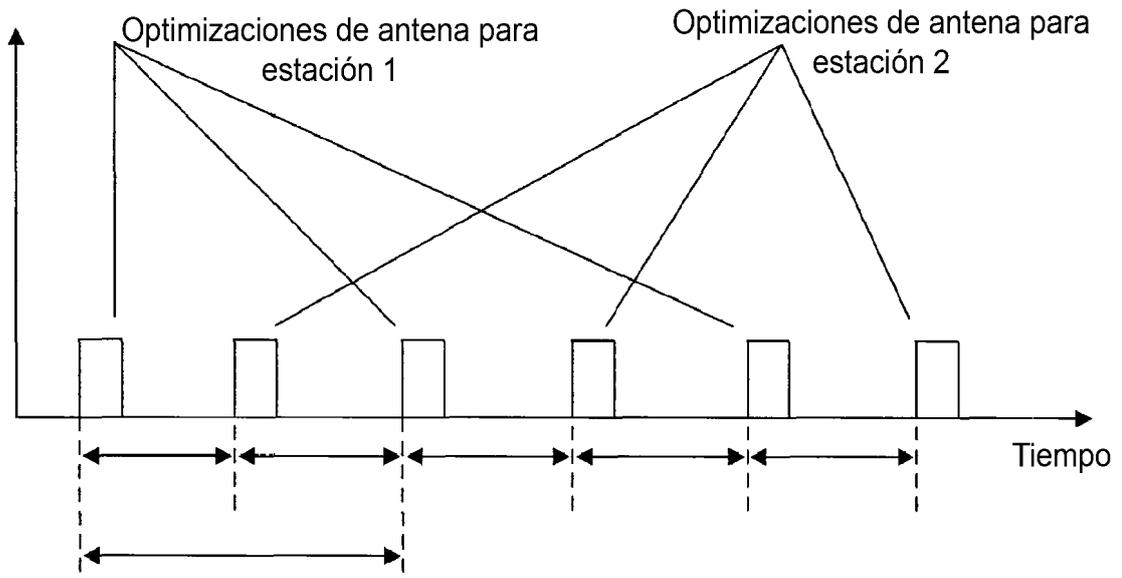


FIGURA 6A

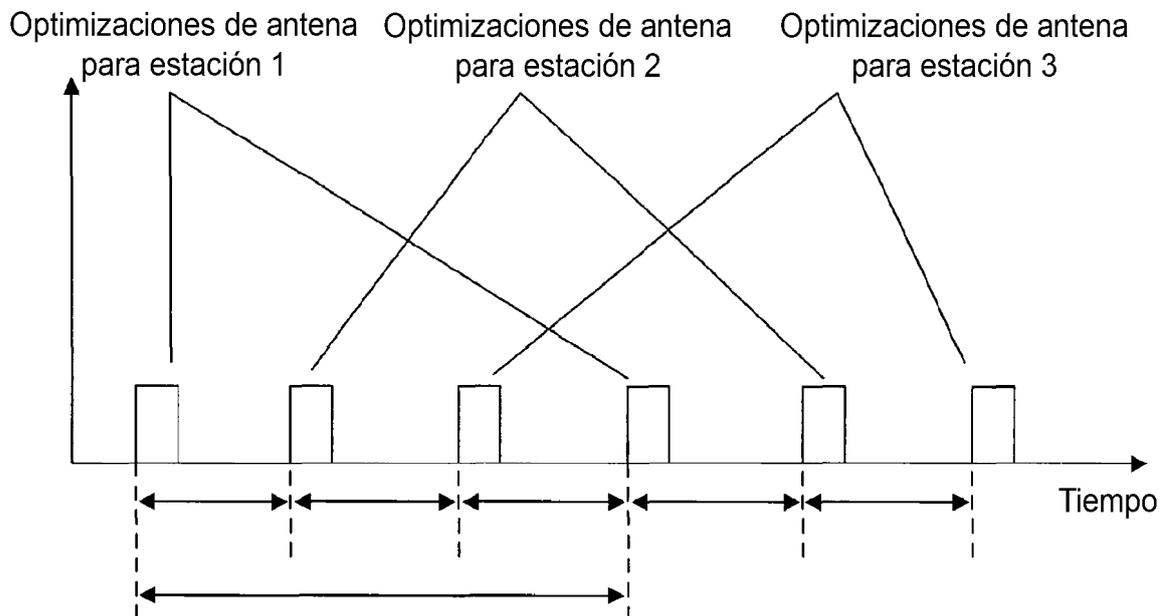


FIGURA 6B

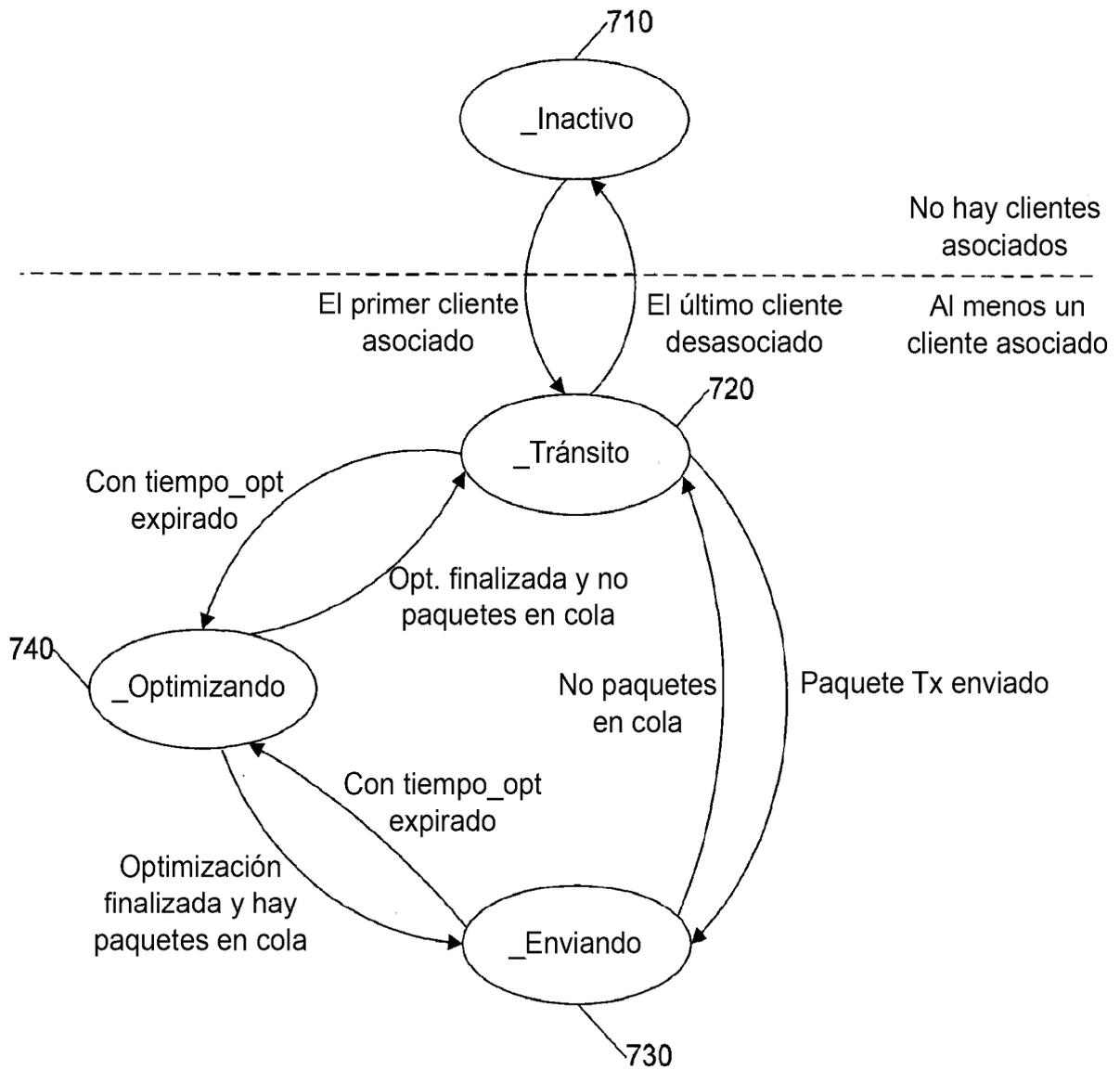


FIGURA 7

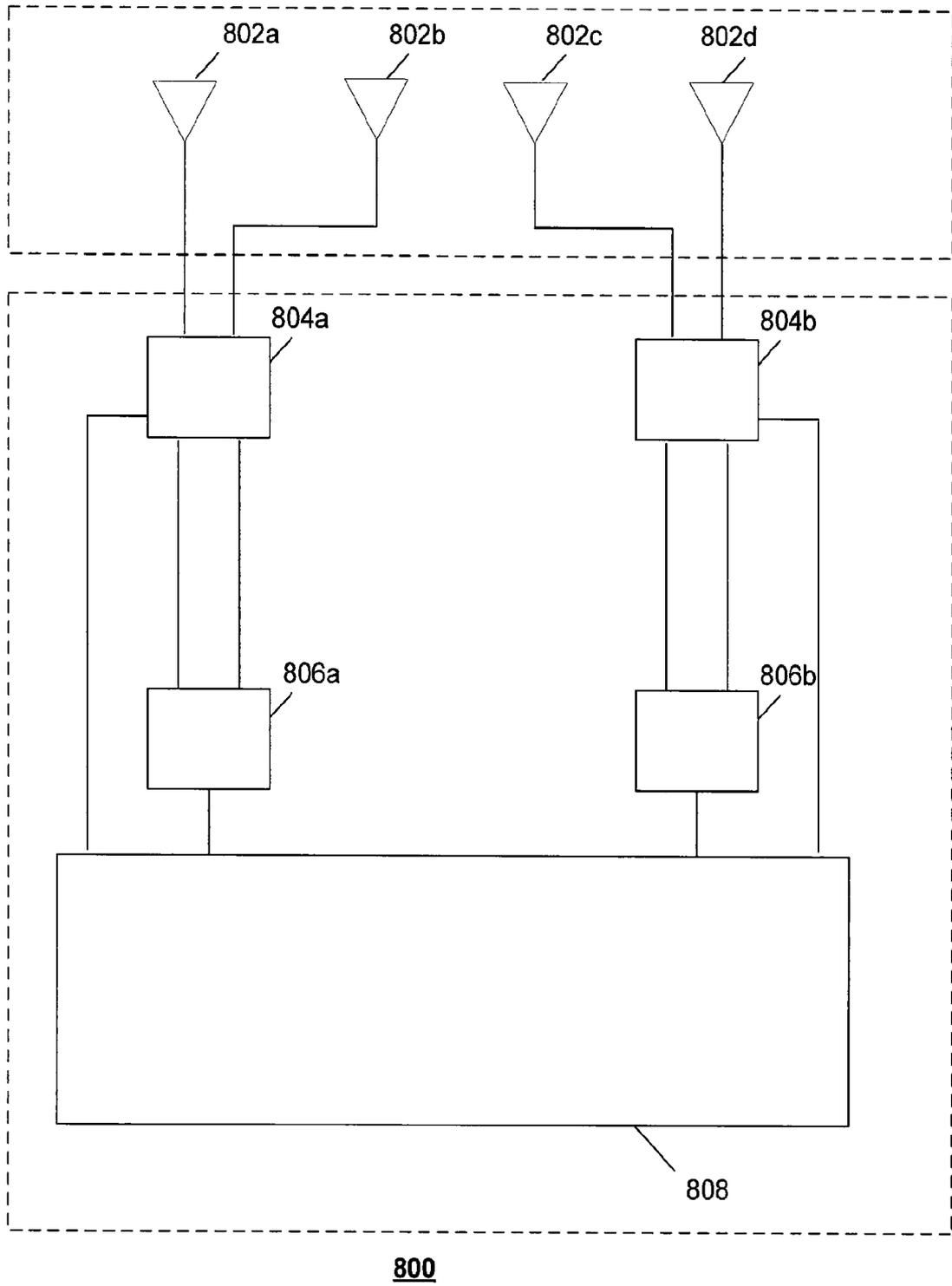
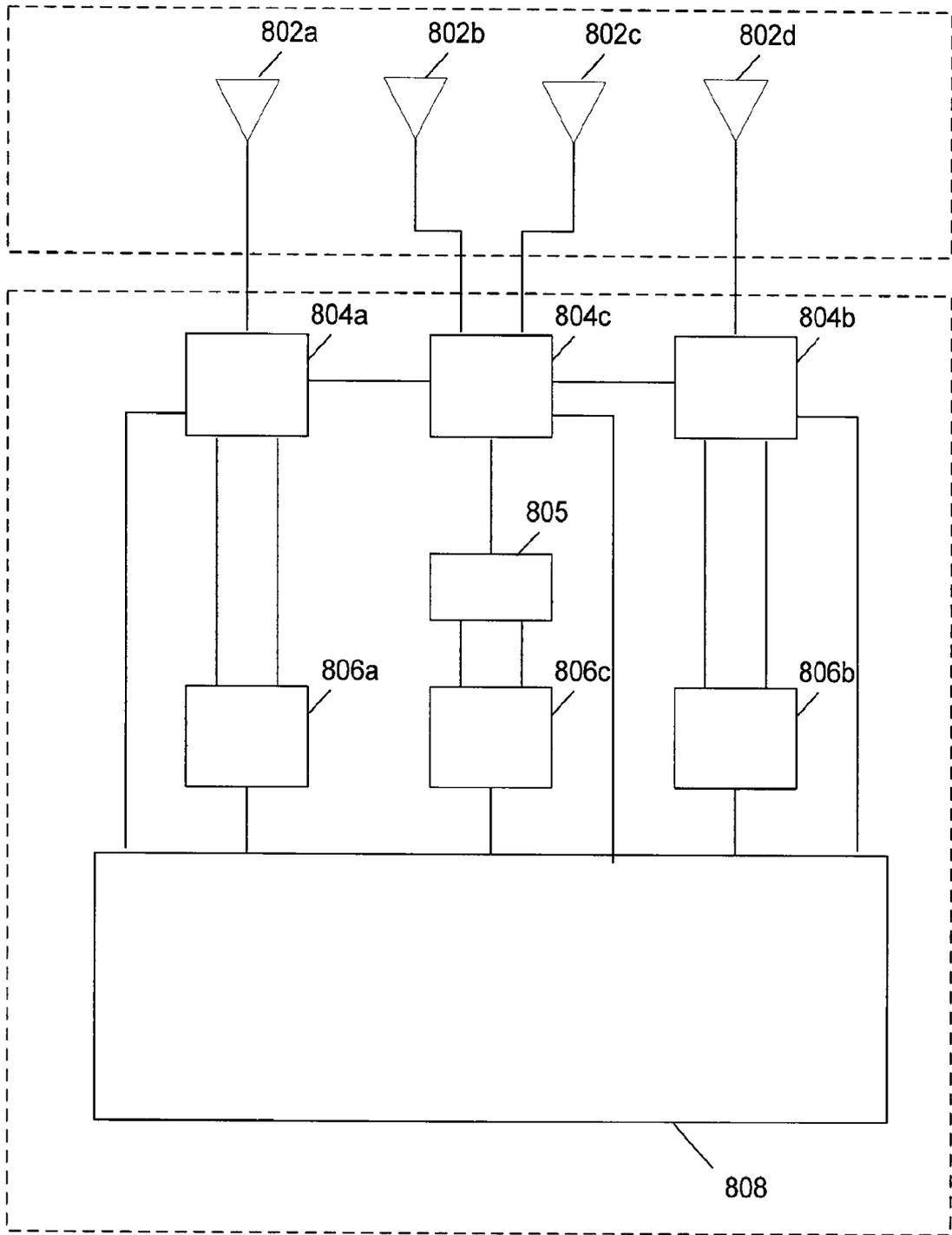


FIGURA 8A



800

FIGURA 8B

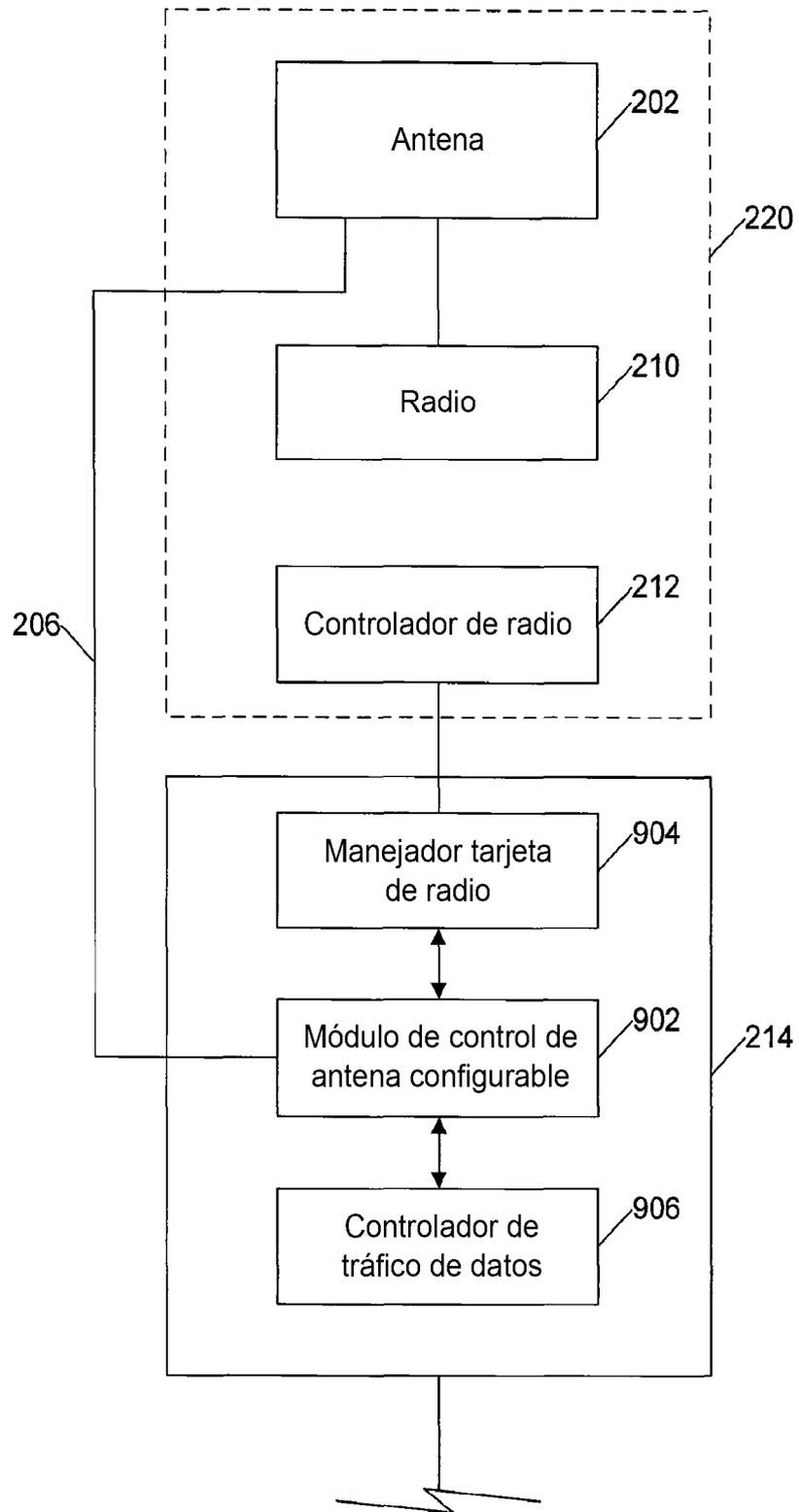


FIGURA 9

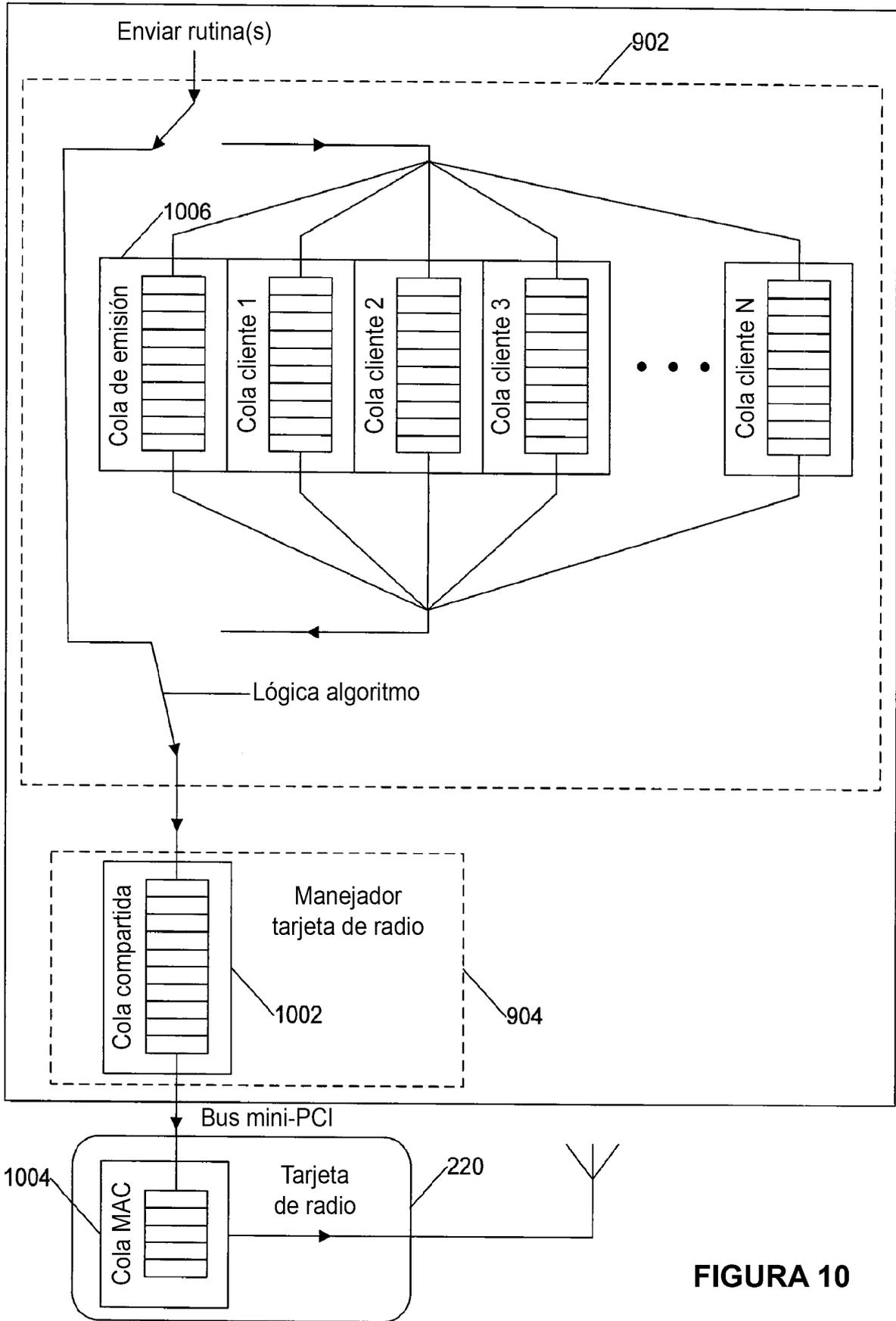


FIGURA 10

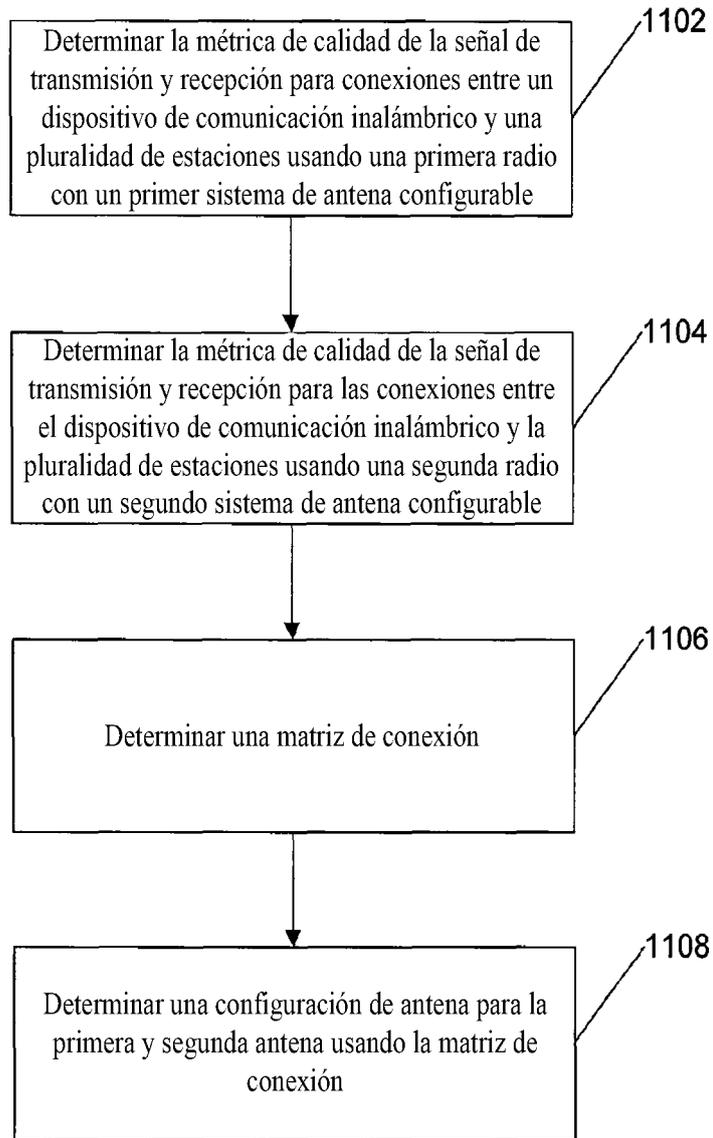


FIGURA 11

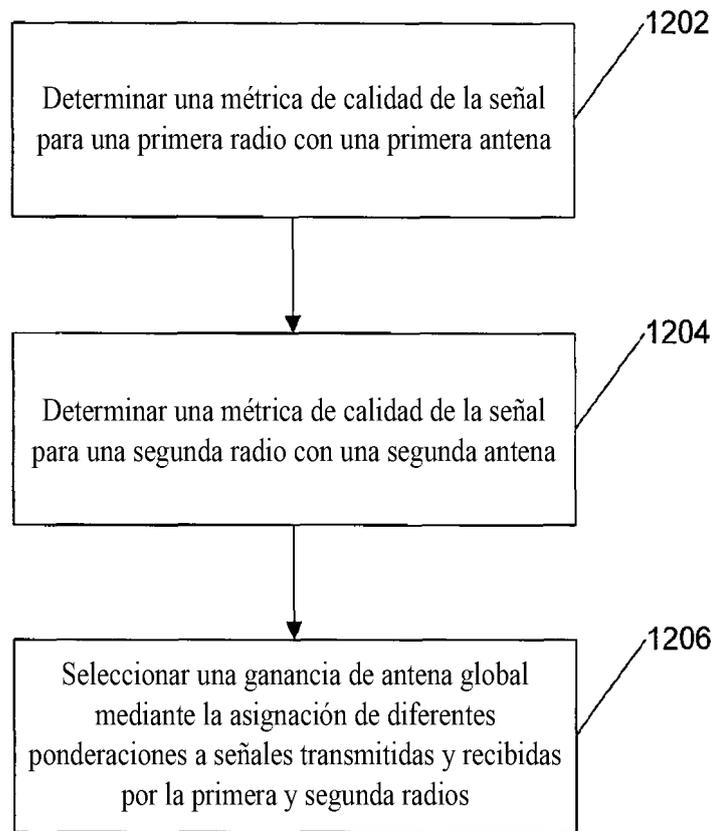


FIGURA 12

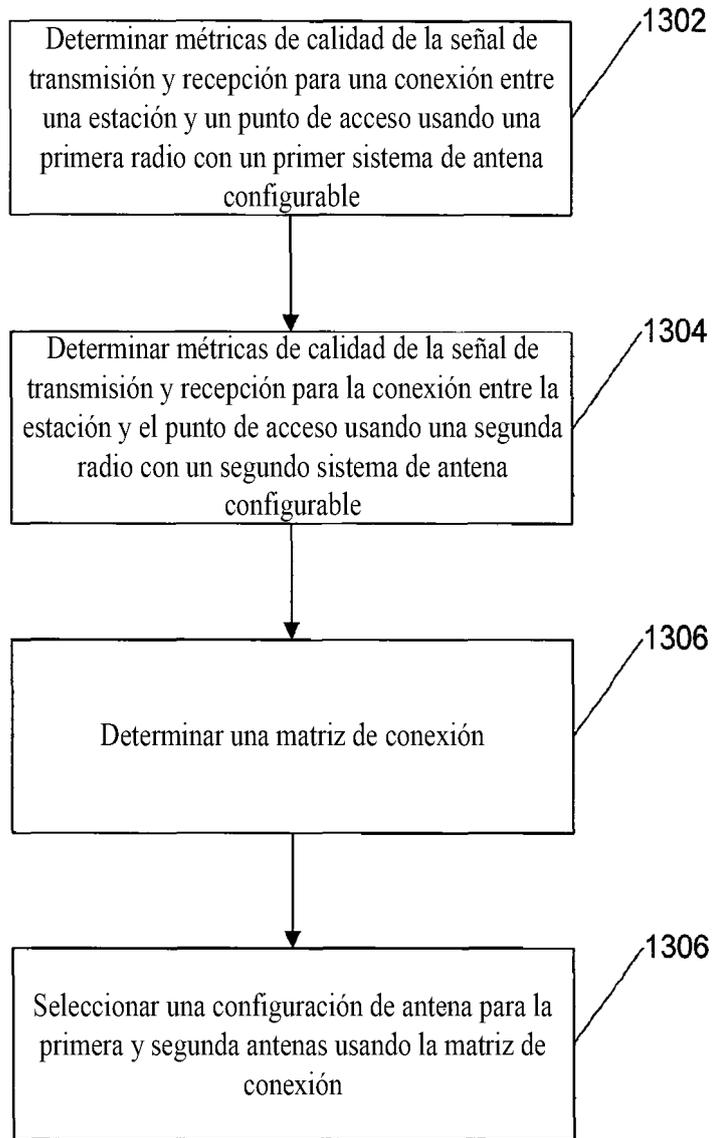


FIGURA 13