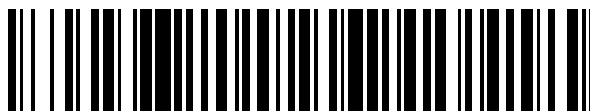


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 553**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

H04B 7/02 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2009 E 09791205 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014 EP 2327168**

54 Título: **Transmisiones coordinadas entre células de una estación de base en un sistema de comunicaciones inalámbricas**

30 Prioridad:

06.08.2008 US 86539 P

05.08.2009 US 535824

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

13.01.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
Attn: International IP Administration 5775
Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US

72 Inventor/es:

HOU, JILEI;
FARAJIDANA, AMIR;
YANG, LIN;
SMEE, JOHN E.;
HASSANPOUR GHADY, NAVID;
MALLIK, SIDDHARTHA y
MALLADI, DURGA PRASAD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 526 553 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

Transmisiones coordinadas entre células de una estación de base en un sistema de comunicaciones inalámbricas

Referencia cruzada a solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional estadounidense No. 61/086,539 titulada "DL Common RS Backward Compatible Designs for Distributed MIMO", depositada el 6 de agosto de 2008.

Antecedentes**Campo**

La descripción siguiente se refiere, en general, al campo de las comunicaciones inalámbricas y, más concretamente, a sistemas y técnicas para gestionar interferencias en comunicaciones inalámbricas.

Antecedentes

Los sistemas de comunicación inalámbrica se han desarrollado ampliamente para proporcionar diversos tipos de contenidos de comunicación, por ejemplo voz, datos, etc. Los sistemas de comunicación inalámbrica típicos pueden ser sistemas de acceso múltiple capaces de soportar la comunicación con múltiples usuarios compartiendo los recursos disponibles del sistema (por ejemplo, ancho de banda, potencia de transmisión, etc.). Ejemplos de dichos sistemas de acceso múltiple pueden incluir sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), sistemas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), y similares. Así mismo los sistemas pueden adaptarse a especificaciones tales como la del proyecto de participación de tercera generación (3GPP), evolución a largo plazo (LTE) del 3GPP, ancho de banda ultramóvil (UMB), y / o especificaciones inalámbricas multiportadora, como por ejemplo evolución de datos optimizados (EV-DO), o una o más revisiones de estos, etc.

En general, los sistemas de comunicación de acceso múltiple inalámbrico pueden simultáneamente soportar la comunicación de múltiples dispositivos móviles. Cada dispositivo móvil puede comunicar con una o más estaciones de base por medio de transmisiones sobre enlaces directo e inverso. El enlace directo (o enlace descendente) se refiere al enlace de comunicación desde las estaciones de base a los dispositivos, y el enlace inverso (o enlace ascendente) se refiere al enlace de comunicación desde dispositivos móviles a estaciones de base. Así mismo, las comunicaciones entre dispositivos móviles y estaciones de base pueden ser establecidas por medio de sistemas de entrada única-salida única (SISO), sistemas de entrada múltiple salida única (MISO), sistemas de entrada múltiple-salida múltiple (MIMO), etc. Así mismo, los dispositivos móviles pueden comunicar con otros dispositivos móviles (y / o estaciones de base con otras estaciones de base) en configuraciones de red inalámbricas de par a par.

La sectorización es una forma clásica de mejorar la capacidad del sistema dividiendo una estación de base única en tres células. En sistemas anteriores, sobre una base por célula, fue utilizada una antena direccional con un patrón de haz fijo para concentrar la potencia de transmisión dentro de la célula y reducir la interferencia provocada por otras células. Recientemente, se han introducido sistemas MIMO con múltiples antenas de transmisión (TX) para generar patrones de haz fijos direccionales para cubrir las células. A pesar de estos avances, muchos dispositivos móviles siguen experimentando interferencias entre células en los bordes de las células.

El artículo de investigación "Realimentación Eficiente por Medio de la Cuantificación de Canal Basada en Subespacio para Sistemas de Antena Cooperativos Distribuidos con Canales Temporalmente Correlacionados" de Jee Hyun Kim, et al., 1.12.2007, páginas 1-13, ISSN: 1687-6172, describe un esquema de realimentación a través de un procedimiento de cuantificación de canal basado en subespacio. El esquema adopta la distancia cordal como un criterio cuantificador de canal para captar las características de canal representadas por subespacios abarcados por la matriz de canal. Se propone un esquema de realimentación combinado basado en un procedimiento de construcción de un código de libros jerárquico en un esfuerzo para reducir la carga de trabajo de realimentación explotando la correlación temporal del canal.

El artículo R1-062561 "Visiones del LGE sobre diversos aspectos del diseño de la señal de referencia de enlace descendente", 4.10.2006, Borrador del 3GPP, analiza problemas relacionados con un esquema de multiplexación CDM para señales de referencia entre células pertenecientes al mismo Nodo B. En este esquema de multiplexación los datos no son transmitidos sobre subportadoras que se superpongan en frecuencia y tiempo con transmisiones RS para otra antena.

El artículo R1-081640 "Paso adelante y propuesta de Texto para el Problema conflictivo DRS", 9.4.2008, Borrador del 3GPP, describe la forma en que los patrones de señales de referencia de UE colisionan con el PBCH y / o el P/S-CH en la subtrama #0 y subtrama #5. Dos soluciones a ello son que el UE puede asumir que las transmisiones sobre el puerto 5 de antena no se efectúan en las subtramas #0 y #5 en la mitad 6 (7) RBs, tanto para la FDD como para la TDD y que la señal de referencia específica del UE no es transmitida en los elementos de recursos en los que se transmiten el PBCH o P/S-SCH.

Sumario

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas a las que debe hacerse referencia. A continuación se ofrece un sumario simplificado de uno o más aspectos con el fin de proporcionar una comprensión básica de dichos aspectos. Este sumario no es una panorámica extensa de todos los aspectos contemplados, y no está concebido ni para identificar elementos clave o críticos de todos los aspectos ni para delinear el alcance de cualquiera o de todos los aspectos. Su único propósito es el de presentar algunos conceptos de uno o más aspectos de una forma simplificada como preludio a la descripción más detallada que se ofrece más adelante.

En un aspecto de la divulgación, un aparato de comunicaciones inalámbricas incluye un medio para la cobertura de una primera célula por medio de un primer sistema de antena, un medio para la cobertura de una segunda célula por medio de un segundo sistema de antena, y un medio para el procesamiento de datos para su transmisión a un dispositivo móvil de la primera célula utilizando unos primero y segundo sistemas de antena.

En otro aspecto de la divulgación, un procedimiento de comunicaciones inalámbricas incluye la cobertura de una primera célula por medio de un primer sistema de antena, la cobertura de una segunda célula por medio de un segundo sistema de antena, y el procesamiento de datos para su transmisión a un dispositivo móvil de la primera célula utilizando los primero y segundo sistemas de antena.

En otro aspecto adicional de la divulgación, un aparato de comunicaciones inalámbricas incluye un sistema de procesamiento configurado para la cobertura de una primera célula por medio de un primer sistema de antena, la cobertura de una segunda célula por medio de un segundo sistema de antena, y el procesamiento de datos para la transmisión a un dispositivo móvil de una primera célula utilizando los primero y segundo sistemas de antena.

En un aspecto adicional de la divulgación, un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones ejecutables por uno o más procesadores, comprendiendo las instrucciones un código para cubrir una primera célula por medio de un primer sistema de antena, un código para la cobertura de una segunda célula por medio de un segundo sistema de antena, y un código para el procesamiento de datos para su transmisión a un dispositivo móvil de la primera célula utilizando los primero y segundo sistemas de antena.

Para la puesta en práctica de las finalidades precedentes y relacionadas, los uno o más aspectos comprenden las características descritas completamente en la presente memoria y en particular se definen en las reivindicaciones. La descripción posterior y los dibujos adjuntos analizan con detalle determinadas características ilustrativas de los uno o más aspectos. Estas características, sin embargo, no son indicativas más que de unas pocas de las distintas maneras en las que pueden ser empleados los principios de los diversos aspectos, y la presente descripción pretende incluir todos los referidos aspectos y sus equivalentes.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 ilustra aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple.

La FIG. 2 ilustra aspectos de una estación de base y de un dispositivo móvil en un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple.

La FIG. 3 ilustra aspectos de una estructura de trama para un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple.

La FIG. 4 ilustra aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con un dispositivo móvil en el borde la célula.

La FIG. 5 ilustra aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con dos dispositivos móviles en sus respectivos bordes de célula.

La FIG. 6 ilustra aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con una estación de base que incorpora dos antenas TX y un dispositivo móvil en un borde de la célula.

La FIG. 7 ilustra aspectos de un sistema de antena distribuido en un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con un dispositivo móvil en un borde de la célula.

La FIG. 8 ilustra aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con dos dispositivos móviles en sus respectivos bordes de la célula.

La FIG. 9 ilustra aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con una base que incorpora dos antenas de TX y dos dispositivos móviles en sus respectivos bordes de la célula,

La FIG. 10 ilustra aspectos de un sistema de antena distribuido en unos sistemas de antena de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple que emplea dos antenas de TX y dos dispositivos móviles en sus respectivos bordes de la célula.

La FIG. 11 ilustra aspectos relativos a la funcionalidad de una estación de base

Descripción detallada

A continuación se describen diversas formas de realización con referencia a los dibujos, en los que las mismas referencias numerales se utilizan para referirse a los mismos elementos a lo largo de aquellos. En la descripción siguiente, a los fines de la exposición, numerosos detalles específicos se desarrollan con el fin de proporcionar una comprensión cabal de una o más formas de realización. Puede resultar evidente, por ejemplo, que dicha(s) forma(s) de realización puede(n) ser llevado(s) a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se muestran estructuras y dispositivos bien conocidas en forma de diagrama de bloques con el fin de facilitar la descripción de una o más formas de realización.

Según se utiliza en la presente solicitud, los términos “componente”, “módulo”, “sistema”, y similares, están concebidos para referirse a una entidad de carácter informático ya sea hardware, firmware, una combinación de hardware y software, software, o software en ejecución. Por ejemplo, un componente puede ser, pero no está limitado a ser, un proceso ejecutado en un procesador, un procesador, un objeto, un ejecutable, una hebra de ejecución, un programa y / o un ordenador. A modo de ilustración, puede ser un componente tanto una aplicación ejecutada en un dispositivo informático como el dispositivo informático. Uno o más componentes pueden residir dentro de un proceso y / o una hebra de ejecución y un componente puede estar localizado en un ordenador y / o distribuido entre dos o más ordenadores. Así mismo, estos componentes pueden ejecutar a partir de diversos medios legibles por ordenador que incorporen almacenados en ellos diversas estructuras de datos. Los componentes pueden comunicar por medio de procesos locales y / o distantes por ejemplo de acuerdo con una señal que incorpore uno o más paquetes de datos (por ejemplo, datos procedentes de un componente que interactúe con otro componente en un sistema local, un sistema distribuido, y / o a través de una red como por ejemplo Internet con otros sistemas a modo de señal).

Así mismo, en la presente memoria se describen diversas formas de realización en conexión con un dispositivo móvil. Un dispositivo móvil también puede ser denominado un sistema, una unidad de abonado, una estación de abonado, una estación móvil, un móvil, una estación remota, un terminal remoto, un terminal de acceso, un terminal de usuario, un terminal, un dispositivo de comunicación inalámbrica, un agente de usuario, un dispositivo de usuario o un equipamiento de usuario (UE). Un dispositivo móvil puede ser un teléfono celular, un teléfono inteligente, un teléfono inalámbrico, un teléfono de Protocolo de Inicio de Sesión (SIP), un portátil, una radio satélite, un sistema de posicionamiento global, una estación de bucle local inalámbrica (WLL), un asistente personal digital (PDA), un dispositivo de sujeción manual que incorpore una capacidad de conexión inalámbrica, un dispositivo informático u otro dispositivo de procesamiento conectado a un módem inalámbrico. Así mismo, en la presente memoria se describen diversas formas de realización en conexión con una estación de base. Una estación de base puede ser utilizada para comunicar con un (unos) dispositivo(s) móvil(es) y puede también ser designada como un punto de acceso, Nodo B, Nodo B evolucionado (eNodo B o eNB), una estación base transceptora (BTS) o alguna otra terminología.

Las técnicas descritas en la presente memoria pueden ser utilizadas para diversos sistemas de comunicación inalámbrica como por ejemplo el acceso múltiple por división de código (CDMA), el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), el acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA), acceso múltiple por división de frecuencias ortogonal (OFDMA), multiplexación de ámbito de frecuencia de portadora única (SC-FDMA), y otros sistemas. Los términos “sistema” y “red” a menudo se utilizan de manera intercambiable. Un sistema CDMA puede implementar una tecnología radio como por ejemplo el Acceso de Radio Terrestre UMTS (UTRA), el CDMA2000, etc. El UTRA incluye el CDMA de Ancho de Banda (W-CDMA) y otras variantes del CDMA. El CDMA2000 cubre los estándares IS-2000, IS-95 e IS-856. El sistema TDMA puede implementar una tecnología radio como por ejemplo el Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM). Un sistema OFDMA puede implementar una tecnología radio, por ejemplo un UTRA Evolucionado (E-UTRA), Ancho de Banda Ultra Móvil (UMB), el estándar 802.11 del IEEE (Wi-Fi), el estándar 802.16 del IEEE (WiMAX), el estándar 802.20 del IEEE, el Flash-OFDM, etc. El UTRA y el E-UTRA son parte del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS). La Evolución a Largo Plazo (LTE) del 3GPP es una versión entrante que utiliza el E-UTRA, que emplea el OFDMA sobre el enlace descendente y la SC-FDMA sobre el enlace ascendente, el UTRA, el E-UTRA, el UMTS, la LTE y el GSM se describen en documentos procedentes de una organización denominada “Proyecto de Participación de 3ª Generación” (3GPP). El CDMA2000 y el UMB se describen en documentos procedentes de una organización denominada “Proyecto 2 de Participación de 3ª Generación” (3GPP2). Las técnicas descritas en la presente memoria pueden también ser utilizadas en estándares optimizados de datos en evolución (EV-DO), por ejemplo la revisión 1x EV-DO B u otras revisiones, y / o similares. Así mismo, dichos sistemas de comunicación inalámbrica pueden adicionalmente incluir sistemas de red ad hoc de par a par (por ejemplo móvil a móvil) a menudo utilizando espectros sin licencia no apareados, LAN inalámbrica de 802.xx, BLUETOOTH y cualquier otras técnicas de comunicación inalámbrica de largo o corto alcance.

Diversos aspectos o características se presentarán en sistemas que pueden incluir una pluralidad de dispositivos, componentes y similares. Se debe entender y apreciar que los diversos sistemas pueden incluir dispositivos, componentes, módulos adicionales, etc. y / o pueden no incluir todos los componentes, módulos, etc. de los dispositivos analizados en conexión con las figuras. También puede ser utilizada una combinación de estos enfoques.

A continuación se presentarán diversos aspectos de un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple con referencia a la FIG. 1. El sistema 100 de comunicación inalámbrica se muestra con una estación de base 102. La estación de base 102 puede incluir varios transceptores (no mostrados) que le permitan servir a cada célula 104 con un sistema 106 de antena diferente. Cada sistema 106 de antena se muestra como una antena direccional única, pero puede ser implementado como una disposición de elementos de antena que cooperen para formar un patrón de haz direccional. La estación de base 102 se muestra en comunicación con tres dispositivos 108 móviles, uno en cada célula 104. Sin embargo, se debe apreciar que la estación de base 102 puede comunicar con sustancialmente un número indeterminado de dispositivos móviles. Como se muestra, la estación de base 102 utiliza el sistema 106_i de antena para comunicar con el dispositivo móvil 108_i de la célula 104_i, el sistema 106_j de antena para comunicar con el dispositivo móvil 108_j de la célula 104_j y el sistema 106_k de antena para comunicar con el dispositivo móvil 108_k de la célula 104_k.

Como alternativa, el sistema 106 de antena puede ser un sistema de antena MIMO. Un sistema de antena MIMO emplea antenas TX múltiples (N_T) o antenas de recepción (RX) múltiples (N_R) para la transmisión de datos. Un canal MIMO formado por las antenas N_T TX y N_R RX puede ser descompuesto en canales independientes N_S , las cuales también se designan como canales espaciales (donde $N_S \leq \min\{N_T, N_R\}$). Cada uno de los canales independientes N_S se corresponde con una dimensión. El sistema MIMO puede proporcionar un rendimiento mejorado (por ejemplo un rendimiento total más elevado y / o una fiabilidad mayor) si son utilizados dimensionalidades adicionales creadas por antenas múltiples TX y RX. El sistema MIMO puede utilizar sustancialmente cualquier tipo de técnica de duplexación para dividir los canales ascendente y de enlace descendente por ejemplo FDD, FDM, TDD, TDM, CDM OFDM y similares.

A continuación se presentarán diversos aspectos de una estación de base en comunicación con un dispositivo móvil con referencia a la FIG. 2. En la estación de base 102, se suministran los datos para una pluralidad de flujos de datos desde una fuente 212 de datos hasta un sistema 213 de procesamiento. El sistema 213 de procesamiento incluye un procesador 214 de datos de transmisión (TX), un procesador 220 MIMO de transmisión (TX), un procesador 230, una memoria 232, y un procesador 242 de datos de RX. Cada flujo de datos puede ser transmitido a través de un sistema 224 de antena respectivo. Para facilitar la exposición, se muestra un solo sistema 224 de antena para servir una célula. Sin embargo, como apreciarán sin dificultad los expertos en la materia, la estación de base 102 puede emplear un sistema de antena separado para cada célula. En este ejemplo, el sistema 204 de antena es un sistema de antena MIMO, que puede soportar múltiples flujos de datos mediante la utilización de múltiples canales espaciales. Como alternativa, el sistema 224 de antena puede estar compuesto por una única antena direccional o múltiples elementos de antena. Un transmisor (TMTR) / receptor (RCVR) 222 separado se suministra a partir de cada antena 224 del sistema.

El procesador 214 de datos de TX formatea, codifica e intercala los datos para cada flujo de datos en base a un esquema de codificación de datos seleccionado para ese flujo de datos para proporcionar datos codificados. Los datos codificados para cada flujo de datos puede ser multiplexados con una señal de referencia utilizando la OFDM, u otras técnicas de ortogonalización o de no ortogonalización. La señal de referencia, que algunas veces es designada como señal piloto, señal de baliza, o similar, es típicamente un patrón de datos conocido que es procesado de una manera conocida y que puede ser utilizada en el dispositivo 108 móvil para estimar la respuesta de canal. La señal de referencia multiplexada y los datos codificados para cada flujo de datos son a continuación modulados (esto es, mapeados en símbolos) en base a uno o más esquemas de modulación concretos (por ejemplo, BPSK, QSPK, M-PSK, o M-QAM) seleccionados para que el flujo de datos proporcione símbolos de modulación. La tasa de transmisión de datos, la codificación y la modulación para cada flujo de datos se puede determinar por un procesador 230.

Los símbolos de modulación para todos los flujos de datos se suministran a continuación a un procesador 220 MIMO de TX, el cual proporciona el procesamiento espacial para los signos de modulación (por ejemplo, la OFDM). El procesador 220 MIMO de TX proporciona entonces unos flujos de símbolos de modulación N_T (o flujos espaciales) a los transmisores N_T (TMTR) 222a a 222t. Cada TMTR 222 recibe y procesa un flujo de símbolos respectivo para suministrar una o más señales analógicas, y así mismo acondiciona (por ejemplo amplifica, filtra y convierte en elevación) las señales analógicas para proporcionar una señal modulada apropiada para su transmisión a través del canal MIMO. Las señales moduladas N_T desde los TMTRs 222a a 222t son a continuación transmitidos desde las antenas N_T 224a a 224t, respectivamente.

En el dispositivo 108 móvil, las señales moduladas transmitidas son recibidas por las antenas N_R 252a a 252r y la señal recibida procedente de cada antena 252 es suministrada a un respectivo RCVR 254. Cada RCVR 254 acondiciona (por ejemplo, filtra, amplifica y convierte en bajada) una señal recibida respectiva digitaliza la señal condicionada para proporcionar muestras y además procesa las muestras para suministrar un flujo de símbolos "recibidos" correspondiente.

Un procesador 260 de datos de recepción (RX) recibe entonces y procesa los flujos de símbolos recibidos N_R procedentes de los RCVRs 254 de N_R en base a una técnica de procesamiento de recepción concreta para proporcionar los flujos de símbolos "detectados" de N_T . Cada flujo de símbolos detectado incluye símbolos que son estimaciones de los símbolos de simulación transmitidos para el flujo de datos correspondiente. El procesador 260 de datos de RX a continuación desmodula, desintercala y descodifica cada flujo de símbolos detectado para

recuperar los datos para el flujo de datos. Los datos son a continuación suministrados a un sumidero 264 de datos. El procesamiento mediante el procesador 260 de datos de RX es complementario al llevado a cabo por el procesador 220 de TX y por el procesador 214 de datos MIMO de TX en la estación de base 102.

La estimación de respuesta de canal generada por el procesador 260 de RX puede ser utilizada para llevar a cabo el procesamiento espacial, de espacio / tiempo en el receptor, ajustar los niveles de potencia, cambiar las tasas o los esquemas de modulación u otras acciones. El procesador 260 de RX puede también estimar las relaciones de interferencias de señal a ruido (SNRs) de los flujos de símbolos detectados, y posiblemente otras características de canal, y proporciona estas cantidades a un procesador 270. El procesador 260 de datos de RX o el procesador 270 puede así mismo derivar una estimación de la SNR "operativa" para el sistema. El procesador 270 proporciona entonces una información del estado del canal (CSI), la cual puede comprender diversos tipos de información relativos al enlace de comunicación y / o al flujo de datos recibido. Por ejemplo, la CSI puede comprender solo la SNR operativa. En otras formas de realización, la CSI, puede comprender un indicador de la calidad del canal (CQI), el cual puede ser un valor numérico indicativo de una o más condiciones del canal. La CSI es a continuación procesada por un procesador 278 de datos de TX, espacialmente procesada por el procesador 280 MIMO de TX, condicionada por los transmisores 254a a 254r, y transmitido de nuevo a la estación de base 102.

En la estación de base 102, las señales moduladas procedentes del dispositivo 108 móvil son recibidas por el sistema 224 de antena, modificado por los RCVRs 222, y procesadas por un procesador 242 de datos de RX para recuperar la CSI transmitida por el dispositivo 108 móvil. La CSI transmitida es a continuación distribuida a un procesador 230 y utilizada para (1) determinar las tasas de transmisión de datos y los esquemas de codificación y modulación que deben ser utilizados para los flujos de datos y (2) generar diversos controles para el procesador 214 de datos de TX y para el procesador 220 de TX. Como alternativa, la CSI puede ser utilizada por el procesador 270 para determinar los esquemas de modulación y / o las tasas de transmisión de codificación para la transmisión, junto con otras informaciones. Esto puede entonces ser suministrado a la estación de base 102 la cual utiliza estas informaciones, que pueden ser cuantificadas, para proporcionar transmisiones posteriores al dispositivo 108 móvil. Los procesadores 230 y 270 dirigen la operación en la estación de base 102 y en el dispositivo 108 móvil. Las memorias 232 y 272 proporcionan un almacenamiento para los códigos de programa y los datos utilizados, respectivamente, por los procesadores 230 y 270.

Aunque la FIG. 2 ilustra un sistema de antena MIMO, los diversos conceptos descritos en conexión con el sistema de antena MIMO pueden ser aplicados a un sistema de antena MISO en el que múltiples antenas de TX, por ejemplo las de una estación de base, transmiten uno o más flujos de símbolos hacia un dispositivo de antena único, por ejemplo, un dispositivo móvil. Así mismo, puede ser utilizado un sistema de antena SISO de la misma manera descrita con respecto a la FIG. 2. En el caso de un sistema de antena SISO, el flujo de datos a partir del procesador 214 de datos de TX puede ser suministrado directamente al TMTR / RCVR 222 para la transmisión por medio del sistema de antena. Como se describirá con mayor detalle más adelante, sin embargo, el procesador 220 MIMO de TX puede ser utilizado en un sistema de antena SISO para proporcionar múltiples flujos espaciales procedentes de múltiples sistemas de antena para potenciar el rendimiento de los dispositivos móviles de borde de célula.

En la descripción de los diversos aspectos de una estación de base han sido descritas diversas funciones en términos de un sistema 213 de procesamiento. El sistema 213 de procesamiento puede ser implementado como hardware, software o una combinación de ambos. El hecho de que se implemente como hardware o software dependerá de los condicionamientos de aplicación y diseño concretos requeridos por el sistema global. Los expertos en la materia pueden implementar la funcionalidad descrita de diversas formas para cada aplicación concreta.

A modo de ejemplo, y sin limitación, el sistema 213 de procesamiento empleado por la estación 212 de base puede ser implementada con uno o más procesadores. Ejemplos de procesadores incluyen microprocesadores, microcontroladores, Procesadores Digitales de la Señal (DSPs), Matrices de Puerta Programables sobre el Terreno (FPGAs), Dispositivos de Lógica Programables (PLDs), controladores, máquinas de estado, lógica con entrada de habilitación, componentes hardware discretos o cualquier otro circuito de procesamiento que pueda ejecutar las diversas funciones descritas a lo largo de la presente divulgación.

Un procesador puede ser configurado para ejecutar software. Un ejemplo de procesador capaz de ejecutar software es un microprocesador capaz de acceder a software en medios legibles por una máquina. El microprocesador puede ser un circuito integrado montado conjuntamente con unos medios legibles por máquina y otros conjuntos de circuitos por medio de un bus y otros medios de comunicación. Como alternativa, el microprocesador puede ser parte de un sistema embebido implantado con un Circuito Integrado Específico de la Aplicación (ASIC). El microprocesador embebido puede ser un procesador ARM (Máquina RISC Avanzada) con unos medios legibles por máquina u otros conjuntos de circuito integrados en un único chip.

El software será construido en términos amplios para incorporar instrucciones, datos o combinaciones de estos, ya se refieran a software, firmware, middleware, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware o de otro tipo. Los medios legibles por máquina pueden incluir, a modo de ejemplo, una RAM (Memoria de Acceso Aleatorio), una memoria flash, una ROM (Memoria de Solo Lectura), una PROM (Memoria de solo Lectura Programable), una EPROM (Memoria de solo Lectura Programable Borrable), una EEPROM (Memoria de solo Lectura Programable

Borrable Eléctricamente), registros, discos magnéticos, discos ópticos, unidades de disco duro, o cualquier otro medio de almacenamiento apropiado o cualquier combinación de los mismos.

Los medios legibles por máquina pueden ser parte del sistema de procesamiento. Como alternativa, cualquier porción de los medios legibles por máquina pueden estar situados por fuera del sistema de procesamiento. A modo de ejemplo, los medios legibles por máquina pueden incluir una línea de transmisión, una onda portadora modulada por datos y / o un producto de ordenador separado de la estación de base o de la estación móvil, a todos los cuales se puede acceder por el sistema de procesador mediante el transceptor o por otros medios.

El software soportado por los medios legibles por máquina pueden residir en un dispositivo de almacenamiento único o distribuidos a través de múltiples dispositivos de memoria. A modo de ejemplo, el software puede ser cargado en una RAM a partir de una unidad de disco duro. Durante la ejecución del software, el procesador puede cargar algunas de las instrucciones en caché para incrementar la velocidad de acceso. Una o más líneas de caché, pueden entonces ser cargadas en un archivo de registro general para su ejecución con el procesador. Al hacer referencia a la funcionalidad de un software, se debe entender que dicha funcionalidad es implementada por el procesador al ejecutar las instrucciones del software.

A continuación se ofrecerán diversos conceptos con referencia a una estructura de transmisión de datos específica. Como apreciarán sin dificultad los expertos en la materia, estos conceptos pueden ser extendidos a otras estructuras de transmisión de datos. La estructura de datos en este ejemplo se basa en una transmisión de enlace descendente de una OFDM. La OFDM es una técnica de espectro expandido que distribuye datos a través de un gran número de subportadoras separadas por frecuencias exactas. La separación proporciona una "ortogonalidad" que permite que un receptor recupere los datos de las subportadoras.

Un ejemplo de estructura de datos para la transmisión en enlace descendente se muestra en la FIG. 3, representando las dimensiones horizontales, el tiempo y representando las dimensiones verticales la frecuencia. La transmisión en enlace descendente está dividida en unidades designadas como tramas 302, pero también puede ser designada por los expertos en la materia como un paquete, ranura, unidad o cualquier otra nomenclatura que represente una estructura de datos para la transmisión a través de un medio inalámbrico. La trama 302 está, así mismo, dividida en cinco subtramas 304, presentando cada subtrama 2 ranuras 306. Cada ranura 306 incluye 6 bloques de recursos (RB)s 308, y cada bloque 308 de recursos está compuesto por 84 elementos de recursos que comprenden 7 símbolos de OFDM x 12 subportadoras de OFDM. Un elemento de recursos porta QPSK, 16QAM, o 64QAM bits modulados. A modo de ejemplo, con 16QAM, cada uno de los elementos de recurso acarrea 4 bits. El número de bloques de recursos asignados a cada estación móvil 108 por la estación de base 102 se basa en las exigencias de la Calidad de Servicio (QoS) de las aplicaciones ejecutadas en los dispositivos móviles 108. Cuanto más alta sea la exigencia de la QoS respecto de cualquier dispositivo móvil determinado, tantos más serán los bloques de recursos que necesitan ser asignados por la estación de base al dispositivo móvil.

En una forma de realización de la estación de base 102, una señal de referencia común (CRS) es transmitida a través de las tres células servidas por esa estación de base 102. En este ejemplo, las CRSs son transmitidas en los primero, segundo y quinto símbolos de OFDM dentro de la ranura. La estación de base 102 puede utilizar una secuencia ortogonal de ámbito de frecuencia cronodesplazada para cada señal de referencia para permitir que las estaciones móviles las distinga. A modo de ejemplo, la primera CRS_i es transmitida sobre las subportadoras 0 y 6 en el primer símbolo de OFDM y sobre 3 subportadoras y 9 del cuarto símbolo de OFDM. La segunda CRS_j es transmitida sobre las subportadoras 3 y 9 del primer símbolo de OFDM y sobre las subportadoras 0 y 6 sobre el cuarto símbolo de la OFDM de la misma ranura. La concreta secuencia ortogonal de ámbito de frecuencia cronodesplazada para cualquier célula determinada se basa en el identificador de célula (ID) asignado por el operador de red (no mostrado), o alguna otra entidad. La información de los datos y el control puede ser transmitida a una estación móvil de una célula de los elementos de recursos no ocupados por la CRS de esa célula. A modo de ejemplo, la estación de base 102 puede transmitir la información de datos y control a una estación móvil 104_i de la célula 104_i sobre las subportadoras 1-5 y 7-11 del primer símbolo de OFDM y sobre las subportadoras 0-2, 4-8 y 10-11 del cuarto símbolo de OFDM. La estación de base 102 puede transmitir también la información de datos y control a la estación de base 108_i sobre todas las subportadoras de los segundo, tercero, quinto, sexto y séptimo símbolos de OFDM del bloque de recursos.

Dirigiendo la atención a la FIG. 4, el dispositivo móvil 108_i se ha desplazado hacia el borde de la célula 104_i. Como resultado de ello, el dispositivo móvil 108_i puede empezar a experimentar interferencias procedentes de las transmisiones de las estaciones de base en la célula vecina 104_j. Para afrontar este problema, la estación de base 102 puede implementar diversas técnicas para coordinar las transmisiones entre las células 104 para mejorar el rendimiento experimentado por los dispositivos móviles en los bordes de una célula. Más concretamente, la estación de base 102 puede coordinar las transmisiones hacia los dispositivos móviles en diferentes células y utilizar dimensiones espaciales para (1) potenciar el rendimiento de los dispositivos móviles de borde de célula ya sean enviando más haces espaciales o habilitando más ganancia de potencia de formación de haces, y / o (2) minimizar la interferencia experimentada por los dispositivos móviles de borde de célula.

A continuación se ofrecerán diversos ejemplos con referencia al dispositivo móvil 108_i que opera en un modo MIMO distribuido en el borde de la célula 104_i. En este ejemplo, se necesita una estimación del canal h_{ij} desde la antena

106_j para la célula 104_j sin servicio hasta el dispositivo móvil 108_i. Esta estimación de canal h_{ji} , junto con la estimación del canal h_{ii} desde la antena 106_i para la célula 104_i de servicio hacia el dispositivo móvil 108_i, puede ser calculado por el procesador 260 de datos de RX (véase la FIG. 2) en el dispositivo móvil 108_i y suministrada a la estación de base 102 de la CSI o por otros medios. La estación de base 102 puede coordinar las transmisiones entre las células 104 para hacer posible periódicamente que la estación móvil 108_i ofrezca un aspecto limpio (buena calidad) en la señal de referencia transmitida desde la antena 106_j para la célula 104_j sin servicio o interferente. Pueden ser implementadas diversas técnicas en la estación de base 102 para conseguir esto.

En una implementación, los IDs de célula para las células 104 son asignados por un operador de red (no mostrado) u otra entidad, para asegurar que las señales de referencia transmitidas dentro de cada célula están escalonadas a lo largo de la frecuencia sin solapamiento. Esto asegurará que las señales de referencia transmitidas por la estación de base 102 dentro de las tres células 104 no colisionen. La estación de base puede entonces adoptar medidas para asegurar que los datos transmitidos por la estación de base 102 en una célula 106 no colisionen con la señal de referencia transmitida por la estación de base en una célula vecina. A modo de ejemplo, sin acción alguna por la estación de base 102, los datos transmitidos por la estación de base 102 hasta el dispositivo móvil 108_i en la célula 104_i pueden colisionar con la señal de referencia transmitida por la estación de base 102 de la célula 104_j vecina. Para evitar esto, la estación de base 102 puede punzonar los datos transmitidos al dispositivo móvil 108_i sobre las subportadoras de OFDM ocupadas por la señal de referencia transmitida al interior de la célula 104_i vecina por la estación de base 102. La operación de punzonado puede llevarse a cabo en respuesta a la realimentación desde la estación móvil 104_i indicando que está experimentando una interferencia procedente de la célula 104_j vecina. La realimentación puede suministrarse en la CSI o mediante algún otro medio. La operación de punzonado debe efectuarse en un ciclo bajo de trabajo (por ejemplo, una vez cada x subtramas) para evitar que afecten de manera negativa a la QoS del dispositivo móvil 108_i. De modo preferente, solo los datos y no la información de control, son punzados. La operación de punzonado puede ser llevada a cabo por el procesador 214 de datos TX de la estación de base en respuesta a la información de señal de control procedente del procesador 230.

Dirigiendo la atención a la FIG. 5, el dispositivo móvil 108_k se ha ahora desplazado hacia el borde de la célula 104_k. Como resultado de ello, el dispositivo móvil 108_k puede también comenzar a experimentar interferencia procedente de las transmisiones de la estación de base en la célula 104_j vecina. Como se describió anteriormente en conexión con el dispositivo móvil 108_i, el dispositivo móvil 108_k necesita estimar el canal h_{jk} desde la antena 106_j para la célula 104_j sin servicio hacia el dispositivo móvil 108_k y la estimación de canal h_{kk} desde la antena 106_k para la célula de servicio 104_k hacia el dispositivo móvil 108_k, y suministrar esta información a la estación de base 102 a través de la CSI o mediante algún otro medio. En esta situación, la estación de base 102 puede punzonar los datos transmitidos a ambos dispositivos móviles 108_i y 108_k sobre las subportadoras de OFDM ocupadas por la señal de referencia transmitida por la célula 104_i vecina por la estación de base 102. De modo preferente, la estación de base 102 lleva a cabo la operación de punzonado de una forma TDM (esto es, sobre subtramas diferentes) para evitar la pérdida de tasa de transmisión visible sobre un bloque de recursos único.

En una forma de realización alternativa de la estación de base 102, los IDs de célula para las células son asignados por un operador de red (no mostrado) u otra entidad, para asegurar que las señales de referencia transmitidas dentro de cada célula siempre colisionen. Esto asegurará que la señal de referencia transmitida por la estación de base 102 al interior de las tres células 104 no colisionen con los datos transmitidos en las células 104 vecinas. Volviendo a la FIG. 4, la estación de base 102 puede punzonar la señal de referencia transmitida al dispositivo móvil 108_i sobre las subportadoras de OFDM ocupadas por la señal de referencia transmitida en la célula 104_i vecina por la estación de base 102. La operación de punzonado puede llevarse a cabo en respuesta a la realimentación procedente de la estación móvil 104_i que indique que está experimentando interferencia por parte de la célula 104_j vecina. La realimentación puede suministrarse en la CSI o por algún otro medio. La operación de punzonado se debe llevar a cabo por un ciclo bajo de trabajo (por ejemplo, una vez cada x subtramas) para evitar afectar de manera negativa a la QoS del dispositivo 108_i móvil. De modo preferente, solo los datos, y no la información de control, son punzados. La operación de punzonado puede llevarse a cabo por el procesador 214 de datos TX de la estación de base en respuesta a la información de la señal de control procedente del procesador 230.

Volviendo a la FIG. 5, la estación de base 102 puede punzonar la señal de referencia transmitida a ambos dispositivos móviles 108_i y 108_k sobre las subportadoras de OFDM ocupadas por la señal de referencia transmitida en la célula 104_i vecina por la estación de base 102. De modo preferente, la estación de base 102 lleva a cabo la operación de punzonado en una forma TDM (esto es, sobre subtramas diferentes) para evitar una pérdida de tasa de transmisión visible sobre un único bloque de recursos.

El enfoque de punzonado de la señal de referencia difiere de la propuesta de punzonado de datos en el sentido de que el punzonado de la señal de referencia no incurre en pérdida de la tasa de transmisión sobre canales de datos. Cuando las señales de referencia son punzadas, sin embargo, el rendimiento de la desmodulación de la señal de referencia puede verse afectado. El efecto puede reducirse al mínimo con el filtrado temporal y una operación de punzonado en un ciclo bajo de trabajo.

Como se describió con anterioridad, cada antena 106 mostrada en la FIG. 2, representa una antena bidireccional. En el caso de que haya dos antenas de TX por célula, la estación de base 102 puede llevar a cabo la operación de punzonado sobre una base por antena de TX. De modo preferente, la estación de base 102 lleva a cabo la

operación de punzonado asociada con cada antena en una forma TDM (esto es, sobre diferentes subtramas) para evitar la pérdida de tasa de transmisión visible sobre un único bloque de recursos.

En el caso de que haya cuatro antenas de TX por célula, la estación de base 102 puede también llevar a cabo la operación de punzonado sobre la base de una antena por TX. La estación de base 102 lleva a cabo la operación de punzonado para un par de antenas dentro de una subtrama. A modo de ejemplo, la antena 106_j de la estación de base puede comprender cuatro antenas 106_{j1}, 106_{j2}, 106_{j3} y 106_{j4}. La estación de base 102 puede llevar a cabo la operación de punzonado para ambas antenas 106_{j1} y 106_{j3} durante la misma subtrama y llevar a cabo la misma operación de punzonado para ambas antenas 106_{j2} y 106_{j4} durante la misma subtrama. De modo preferente, la estación de base 102 lleva a cabo la operación de punzonado asociada con cada par de antenas en una forma TDM (esto es, sobre diferentes subtramas) para evitar una pérdida considerable de tasa de transmisión sobre un único bloque de recursos.

Por lo que respecta a la operación, este procedimiento de punzonado es controlado por la estación de base 102 y, por tanto, es transparente a los dispositivos móviles 108. Como resultado de ello, los dispositivos móviles heredados que no reconocen la operación de punzonado pueden permanecer desplegados en el sistema de comunicación inalámbrica, prolongando de esta manera su vida útil. Los nuevos dispositivos móviles que son diseñados para aprovechar las diversas características presentadas a lo largo de la presente divulgación pueden tomar conciencia de estas operaciones de punzonado de forma que puedan mejorar el rendimiento de los datos. A modo de ejemplo, en un dispositivo móvil 108 que emplee una descodificación turbo en el procesador 260 de datos de RX (véase la FIG. 2), los LLRs sobre las subportadoras que son punzonadas pueden ser reducidas a cero. La operación de punzonado puede ser lentamente dinámica con el tiempo y ser activada / desactivada en caso necesario de célula a célula.

Diversas variantes a este enfoque se apreciarán sin problemas por parte de los expertos en la materia a partir de las enseñanzas ofrecidas en la presente memoria. A modo de ejemplo, en lugar del punzonado completo de los datos o de las señales de referencia, la estación de base 102 puede simplemente transmitir los datos o las señales de referencia con un nivel de potencia mucho más bajo en los elementos de recurso apropiados.

Con independencia de la técnica utilizada por el dispositivo móvil de borde de célula para estimar el canal a partir de la célula 104 vecina, la estación de base 102 puede utilizar esta información para potenciar el rendimiento del dispositivo móvil de borde de célula ya sea enviando más haces espaciales o suministrando más ganancia de potencia de formación de haces. A continuación se presentarán diversas técnicas para llevar esto a cabo, primeramente para una estación de base 102 que presente una única antena de TX por célula y, a continuación, para una estación de base 102 que incorpore múltiples antenas de TX por célula.

Volviendo a la FIG. 4, el dispositivo móvil 108_i se muestra en el borde de la célula 104_i. En este caso, el dispositivo móvil 108_i o bien experimenta la interferencia procedente de la célula 104_j proporcional a $|h_{ji}|^2$ o ninguna interferencia procedente de la célula 104_j (ningún dispositivo móvil está programado sobre los mismos bloques de recursos tiempo - frecuencia de la célula 104_j que el dispositivo móvil 108_i). En este caso, la transmisión desde la estación de base 102 hasta el dispositivo móvil 108_i se limita a un único flujo.

Sin embargo, cuando no hay ninguna interferencia sobre la célula 104_j, la estación de base 102 puede utilizar el enlace h_{ji} para ayudar a la transmisión hacia el dispositivo móvil 108_i. Para llevar esto a cabo, la estación de base 102 trata los canales escalares desde las antenas 106 de cada célula 104 como componentes de un canal de vector virtual. Por tanto para cada dispositivo móvil 108_i, $h_i = [h_{ji} \ h_{ji}]$. Conceptualmente, la estación de base 102 ha convertido dos células teniendo cada célula una sola antena 106 de TX en una célula virtual con dos antenas de TX. En efecto, la estación de base 102 traduce el esquema de transmisión hacia el dispositivo 108_i móvil en un esquema MISO de usuario único donde la transmisión de base hasta el dispositivo móvil 108_i puede ser enviada desde ambas antenas de TX 106_j y 106_j.

Nótese que para este esquema, dado que el dispositivo 108_i móvil presenta solo una antena de RX, solo consigue que le sirva un flujo. Un esquema posible, para potenciar el rendimiento de transmisión, es la formación de haces haciendo coincidir el canal h_i en la estación de base 102.

En el caso de que el dispositivo móvil 108_i incorpore múltiples antenas de RX, la estación de base 102 puede utilizar las dimensiones adicionales para transmitir más flujos hacia el dispositivo móvil 108_i. de nuevo aquí, este caso se produce cuando no hay ningún dispositivo móvil programado en la célula 104_j para recibir una transmisión desde la estación de base 102 sobre los mismos bloques de recursos de tiempo - frecuencia que el dispositivo móvil 108_i. En efecto, la estación de base traduce el esquema de transmisión al dispositivo móvil 108_i en un esquema MIMO de un solo usuario en el que la transmisión por la estación de base hacia el dispositivo móvil 108_i puede ser enviada desde ambas antenas de TX 106_j y 106_j.

Un esquema de coordinación débil puede ser implementado cuando el dispositivo móvil 108_i retroalimenta las CQIs para la célula 104_i y para la célula 104_j, respectivamente. Las CQIs realimentadas para cada célula pueden ser dependientes del receptor, por ejemplo basadas en MMSE, MMSE / SIC, o MLD lineales, etc. En base a la CQI realimentada desde el dispositivo móvil 108_i, la estación de base 102 transmitirá al dispositivo móvil 108_i un flujo a

través de la antena 106_i y otro flujo a través de la antena 106_j con la selección MCS apropiada. Por tanto, como aparece al dispositivo móvil 108_i , parece un esquema equivalente MIMO de usuario único en el que al dispositivo 108 se le sirven dos flujos espaciales, uno desde la célula 106_i y otra desde la célula 106_j . El dispositivo móvil 108_i puede aplicar, a modo de ejemplo, un receptor MMSE lineal para separar los dos flujos, o en una versión mejorada, los MMSE / SIC, etc. La ventaja de este esquema es que aparte de la programación hay escasa coordinación entre las dos células (en términos de selección de haces o de tasas de transmisión). Por tanto, es una transición fácil desde el sistema heredado.

Un esquema de coordinación estrecha puede ser implementado en el que el dispositivo móvil 108_i trate las matrices de canal procedentes de la célula 104_i y de la célula 104_j , de manera conjunta. Las CQIs realimentadas se definen como una CQI por capa de la matriz de canal conjunto de la célula unida virtual. A diferencia del esquema de coordinación débil, en el que cada flujo de datos es solo enviado desde una antena 106 , este esquema es más general. En el escenario no precodificado, este esquema puede convertirse en el esquema de coordinación débil analizado con anterioridad y añadir la permutación de antenas para incrementar la simetría espacial entre los diferentes flujos. En el escenario precodificado cada flujo es multiplicado de antemano mediante un vector de precodificación que abarca todas las antenas de TX a través de la célula 104_i y de la célula 104_j . a continuación, los flujos precodificados son añadidos a través de todas las antenas antes de la transmisión. Este esquema se puede generalizar hasta 3 o más células por parte de los expertos en la materia.

A continuación, se presentarán diversos conceptos respecto de una estación de base 102 que incorpora múltiples antenas de TX por célula. Estos conceptos se presentarán con referencia a la FIG. 6. La FIG. 6 es un diagrama conceptual de un sistema de comunicación inalámbrica multiacceso similar al mostrado en la FIG. 4 excepto porque la estación de base utiliza dos antenas de TX 106_{i1} y 106_{i2} para servir la célula 104_i , dos antenas de TX 106_{j1} y 106_{j2} para servir la célula 104_j y dos antenas de TX 106_{k1} y 106_{k2} para servir la célula 104_k . En este ejemplo, el dispositivo móvil 108_i está en el borde de la célula 104_i . Cuando no hay ninguna interferencia procedente de la célula 104_j , la estación de base 102 puede utilizar el enlace h_{ji} para ayudar a la transmisión hacia el dispositivo móvil 108_i . Para llevar a cabo esto, la estación de base 102 trata las matrices de canal procedentes de la célula 104_i y la célula 104_j de manera conjuntamente. Típicamente, en este caso, el número total de antenas de TX será mayor que el número de antenas de RX. Por tanto, las matrices de precodificación deben ser seleccionadas en el dispositivo móvil 108_i y realimentadas a la estación de base 102 para potenciar la ganancia de potencia de formación de haz. Por otro lado, si se incrementa la dimensión eficaz (un número de antenas de TX y RX mínimo), más flujos pueden ser transmitidos también hacia el dispositivo móvil 104_i .

Un diagrama conceptual de un sistema de antenas distribuido se muestra en la FIG. 7. En este ejemplo, la estación de base 102 se muestra soportando dos antenas de TX 106_{i1} y 106_{i2} para servir la célula 104_i . Dos antenas de TX 106_{j1} y 106_{j2} para servir la célula 104_j y dos antenas de TX 106_{k1} y 106_{k2} para servir la célula 104_k . El sistema de antenas distribuido mostrado en la FIG. 7 es precisamente un caso especial de los sistemas de comunicación inalámbrico presentados anteriormente en la presente divulgación y los diversos conceptos descritos mediante la presente divulgación pueden extenderse a este sistema.

A continuación se presentarán diversos conceptos para una estación de base 102 para utilizar dimensiones especiales para reducir al mínimo la interferencia provocada por los dispositivos móviles 108 de borde de célula. Estos conceptos serán primeramente presentados para una estación de base 102 que incorpora una única antena de TX por célula, y a continuación para una estación de base 102 que incorpora múltiples antenas de TX por célula. la FIG. 8 es un diagrama conceptual de un sistema de comunicación inalámbrica multiacceso que presenta una estación de base 102 con una antena única de TX por célula. En este ejemplo, el dispositivo móvil 108_i se muestra en el borde de la célula 104_i y el dispositivo móvil 108_j se muestra en el borde de la célula 104_j . Sin coordinación entre células dentro de la estación de base 102, la transmisión hacia cada dispositivo móvil 108 es una transmisión de única entrada única salida (SISO) o de única entrada múltiples salidas (SIMO). En este caso, el dispositivo móvil 108_i experimenta interferencia procedente de la célula 104_j proporcional a $|h_{ji}|^2$ y el dispositivo móvil 108_j experimenta interferencia procedente de la célula 108_i proporcional a $|h_{ji}|^2$.

En este ejemplo, la estación de base 102 trata los canales escalares desde la antena 106 de la estación de base para cada célula como componentes de un canal de vector virtual. Por tanto, para los dispositivos móviles 108_i y 108_j , $h_i = L h_{ji} h_{ji}^T$ y $h_j = L h_{ji} h_{ji}^T$, respectivamente. Conceptualmente, la estación de base 102 ha convertido las dos células 104_i y 104_j , donde cada célula 104 incorpora antenas de transmisión de TX únicas, en una célula virtual con dos antenas de TX. En efecto, la estación de base 102 ha traducido el esquema de transmisión hacia los dos dispositivos móviles 108_i y 108_j en un esquema MIMO multiusuario, donde cada una de las transmisiones del dispositivo móvil puede ser enviada desde ambas antenas TX 106_i y 106_j . Nótese que, para este esquema, la estación de base 102 transmite solo el flujo de cada dispositivo móvil. En este esquema, las estimaciones de canal h_i y h_j son realimentadas desde los dispositivos móvil 108_i y 108_j para los sistemas FDD y estimadas desde el canal de enlace ascendente utilizando una reciprocidad de canal para los sistemas TDD.

Las estimaciones de canal h_i y h_j son utilizadas por el procesador 220 de TX (véase la FIG. 2) en una estación de base 102 para precodificar los flujos de datos para generar los flujos espaciales para la transmisión hacia las estaciones móviles 108_i y 108_j . La solución del precodificador de exigencia cero (ZF) se define como sigue: dado $H_{eq} = [h_i^T, \dots, h_j^T, \dots]^T$, la matriz de precodificación se da como:

$$\mathbf{W} = \Lambda \cdot \mathbf{H}_{eq}^H (\mathbf{H}_{eq} \mathbf{H}_{eq}^H)^{-1},$$

donde Λ es la matriz diagonal de normalización de la potencia de transmisión. Nótese que si el canal es perfectamente conocido en la estación de base 102, la estación móvil 108_i no experimentará ninguna interferencia procedente de la célula 104_j.

Un precodificador MMSE puede ser utilizado para potenciar al máximo la relación de interferencia de señal a ruido provocada respecto del dispositivo móvil 104_i.

$$SCIR_i = \frac{|\mathbf{h}_i \mathbf{w}_i|^2 P_i}{\sum_{j \neq i} |\mathbf{h}_j \mathbf{w}_i|^2 P_i + N_i},$$

la solución es equivalente al receptor de MMSE para el correspondiente enlace ascendente virtual que resulta ser:

$$\mathbf{w}_i^{MMSE} = \left(N_i \mathbf{I} + P_i \sum_{j \neq i} \mathbf{h}_j^H \mathbf{h}_j \right)^{-1} \mathbf{h}_i^H$$

En sistemas de comunicación inalámbrica multiacceso en los que los dispositivos móviles 108 incorporan múltiples antenas de RX los vectores $\mathbf{h}_i$ y $\mathbf{h}_j$ son el canal de vector equivalente resultante suponiendo que se aplique determinado filtrado de recepción. Un filtro de recepción es el vector propio que permanece dominante de la matriz de canal para el dispositivo móvil correspondiente.

En la estación de base 102, el procesador 230 programa las transmisiones hacia los dispositivos móviles 108_i y 108_j. En este ejemplo, la estación de base 102 proporciona una función programadora para seleccionar los dispositivos móviles 104_i y 104_j de manera independiente. En la etapa de formación de haz / precodificación, los dispositivos móviles seleccionados 104_i y 104_j pueden ser emparejados para una transmisión conjunta.

Otra implementación de la función de programación es ejecutar un programador conjunto a través de dos células. Este esquema puede potenciar al máximo la ganancia de rendimiento y reducir al mínimo la pérdida de potencia a partir de la precodificación. Para el esquema de programación conjunto, la estación de base 102 puede, en primer lugar, seleccionar el dispositivo móvil 108 con la métrica más alta (en base a determinada bondad, por ejemplo bondad proporcional) entre ambas células. Si el dispositivo móvil 108 es seleccionado entre una célula 104 (por ejemplo la célula 104_i), entonces la siguiente etapa consiste en seleccionar un dispositivo móvil 108 compatible entre la otra célula (por ejemplo, la célula 104_j). Una forma de seleccionar el siguiente dispositivo móvil 108 es como sigue:

(1) identificar un subconjunto de todos los dispositivos móviles 108 de la célula 104_j cuyo canal de información direccional (CDI) presenta una pequeña correlación relativa para seleccionar el dispositivo móvil desde la célula 104_j. El CDI, por ejemplo, se define como $\tilde{h}_j = h_j / |h_n|$ para el dispositivo móvil 108_i.

(2) a partir de este conjunto de dispositivos móviles 108 de la célula 104_j, seleccionar el dispositivo móvil 108_j con la métrica más alta para emparejarlo con el dispositivo móvil 108_i desde la célula 104_i.

Este esquema de programación está configurado para seleccionar un dispositivo móvil 108 entre cada célula 104. Una variante consiste en eliminar esta limitación y también permitir la posibilidad de que ambos dispositivos móviles 108_i y 108_j sean seleccionados de entre la misma célula 104 siempre que ambas tengan métricas de alta calidad y presenten pequeñas correlaciones entre los términos de CDI.

Con el último esquema de programación, ya no hay ninguna identificación de célula asociada con el dispositivo móvil 108 y todos los dispositivos móviles 108 pertenecen a la misma célula virtual conjunta. Como consecuencia de ello, la sectorización puede resultar redundante.

A continuación se presentarán diversos conceptos para una estación de base 102 que incorpora múltiples antenas de TX por célula. Estos conceptos se presentarán con referencia a la FIG. 9. La FIG. 9 es un diagrama conceptual de un sistema de comunicación inalámbrica multiacceso similar al mostrado a la FIG. 8, excepto porque la estación de base utiliza dos antenas de TX 106_{i1} y 106_{i2} para servir la célula 104_i, dos antenas TX 106_{j1} y 106_{j2} para servir la célula 104_j, y dos antenas de TX 106_{k1} y 106_{k2} para servir la célula 104_k. En este ejemplo, el dispositivo móvil 108_i está en el borde de la célula 104_i y el dispositivo móvil 108_j está en el borde de la célula 104_j. Sin coordinación entre células, la transmisión hacia cada dispositivo móvil 108 es una transmisión de entradas múltiples y salida única (MISO) o de entradas múltiples y salidas múltiples (SIMO). En este caso, el esquema de formación de haz o de

multiplexación espacial a partir de la estación de base 102 en una célula 104 generalmente intenta potencia al máximo el rendimiento del dispositivo móvil 108 dentro de su propia célula 104. Sin embargo, diversas técnicas pueden ser implementadas en la estación de base 102 para tratar la interferencia potencial provocada a los dispositivos móviles 108 en otras célula 104. Estas técnicas son una versión generalizada de la propuesta descrita en la antena de TX única por célula descrita con anterioridad. La diferencia es que el canal desde la antena 106 de la estación de base en una antena 104 hasta un dispositivo móvil 108 se convierte en un canal MISO para un dispositivo móvil 108 con una antena de RX única y un canal MIMO para un dispositivo móvil 108 con múltiples antenas de RX.

En primer lugar se analizarán diversos conceptos en conexión con los dispositivos móviles que incorporan una antena RX única. En esta configuración, los canales de vector a partir de las antenas 106 de la estación de base de cada célula 104 son tratados como componentes de un canal de vector virtual. Por tanto, para los dispositivos móviles 108_i y 108_j, la estimación de canal es $h_i = L h_{ij} h_{ji}^T$ y $h_j = L h_{ij} h_{ji}^T$, respectivamente. En efecto el esquema de transmisión hacia dos dispositivos móviles 104_i y 104_j han sido traducidos en un esquema MIMO multiusuario, en el que la estación de base 102 puede transmitir hacia cada uno de los dispositivos móviles 104_i y 104_j las matrices de antena de TX 106 para ambas células 104. En el caso de una única antena de RX para el dispositivo móvil 108, los esquemas de transmisión pueden ser los mismos que los descritos con anterioridad para el escenario de una antena única de TX por célula, por ejemplo un precodificador ZF o MMSE. Así mismo, la estación de base 102 puede programar más de un dispositivo móvil 108 por célula 104 siempre que el número total de dispositivos móviles 108 sea inferior a o igual al número total de antenas TX 106 a través de ambas células 104. Los precodificadores de transmisión analizados con anterioridad (por ejemplo, ZF o MMSE) siguen siendo aplicables.

A continuación, se analizarán diversos conceptos en conexión con dispositivos móviles que incorporan múltiples antenas de RX. En el caso de múltiples antenas de RX por dispositivo móvil 108, de nuevo el vector h_i y h_j son los canales de vector equivalentes resultantes suponiendo que sea aplicado un determinado filtrado de recepción. Un posible filtro de recepción es el vector propio izquierdo dominante de la matriz de canal para el correspondiente dispositivo móvil 108 donde h_i para el dispositivo móvil 108_i y h_j para el dispositivo móvil 108_j son las versiones escaladas del vector propio derecho dominante. Así mismo, la estación de base 102 puede programar más de un flujo por el dispositivo móvil 108. Por ejemplo, si el dispositivo móvil 108_i desea solicitar M flujos, puede dar cuenta de M vectores de canal equivalentes a la estación de base 102 donde el vector de canal m -ésimo y el vector propio derecho dominante m -ésimo. A continuación, en la estación de base 102, el precodificador adopta cada vector de canal equivalente como un dispositivo móvil 108 virtual y a continuación aplica los mismos esquemas de precodificación analizados con anterioridad. La permutación de antenas puede ser aplicada entre los flujos que están siendo servidos en un dispositivo móvil 108 para conseguir simetría / equilibrio / robustez entre los flujos. Así mismo, la estación de base 102 puede programar más de un dispositivo móvil 108 por célula siempre que el número total de los dispositivos móviles 108 servido sea inferior o igual al número total de antenas de TX 106 a través de ambas células 104. Los precodificadores de transmisión analizados con anterioridad (por ejemplo, ZF o MMSE) siguen siendo aplicables.

Como se analizó con anterioridad, el procesador 230 (no mostrado) en la estación de base 102 puede ser configurado para seleccionar los dispositivos móviles 108 y llevar a cabo funciones de programación. Si se parte de la base de un solo flujo por dispositivo móvil 108, y el número de dispositivos móviles 108 programados iguala al número de células 104, los algoritmos de programación conjunta / selección de usuario esencialmente son los mismos que los descritos con anterioridad respecto de dispositivos móviles con una única antena de transmisión TX donde la estación de base 102 puede o bien (1) seleccionar siempre un dispositivo móvil 108 por célula 104 ejecutando el programador sobre una base por célula de manera secuencial, o (2) tratar todas las células 104 como una célula conjunta ejecutando un único programador a través de todos los dispositivos móviles 108 de las diferentes células 104.

Si la estación de base 102 ofrece la flexibilidad para servir más dispositivos móviles 108 que el número de células 104 y / o más de un flujo por dispositivo móvil 108, el algoritmo de programación analizado con anterioridad puede ser extendido tratando cada uno de los informados vectores de canal equivalentes como un dispositivo móvil virtual y, a continuación aplicando el algoritmo de programación sobre el dominio de usuario virtual. Los condicionamientos adicionales pueden ser introducidos en el algoritmo de programación para hacer posible (1) que al menos un dispositivo móvil (104) sea seleccionado entre cada célula 104 y / o, (2) hacer posible como mucho que los flujos T sean servidos por dispositivo móvil 108 (por ejemplo $T = 2$). De nuevo aquí, el número total de flujos transmitidos a través de los dispositivos móviles 108 debe ser inferior o igual al número total de antenas de transmisión TX a través de ambas células 104. Hablando en términos generales, si los dispositivos móviles 108 están bien separados geográficamente, puede ser mejor seleccionar más dispositivos móviles 108 de un flujo que seleccionar menos dispositivos móviles 108 con más de un flujo cada uno, dado que se puede conseguir más ganancia de diversidad multiusuario reduciendo al mínimo la pérdida de la potencia de precodificación.

Desde la perspectiva de la precodificación, los conceptos presentados en conexión con la FIG. 9, tratan todas las antenas 106 entre ambas células 104 como una matriz de antena única. Por tanto, los esquemas de transmisión esencialmente se convierten en un sistema MIMO multiusuario de una única célula virtual. Como alternativa, un esquema de coordinación de nivel bajo puede ser utilizado para mantener la formación de haz distribuida localmente en cada célula 104. Este esquema tendrá la ventaja de mantener la arquitectura del sistema heredado con mínimos

cambios. Por otro lado, los conceptos presentados en conexión con la FIG. 9 forman una matriz de antena con más antenas de TX 106 para obtener una formación de haz más eficaz y más grados de libertad de la anulación espacial.

Diversos conceptos para un esquema de coordinación de bajo nivel serán presentados para los dispositivos móviles 108 con antenas de RX únicas. En este ejemplo, para el dispositivo móvil 108_i, h_{ii} y h_{ji} son mantenidos separados en lugar de forma un canal conjunto. La señal para el dispositivo móvil 108_i es transmitida desde la célula 104_i, esto es, experimentando solo el canal de vector h_{ii} . Por otro lado, el dispositivo móvil 108_i seguirá experimentando interferencia procedente de la célula 104_j sobre h_{ji} debido a la interferencia cocanal. Sin embargo, dado que ambas células 104_i y 104_j, pertenecen a la misma estación de ase 102, la estación de base 102 puede tomar en consideración la interferencia ocasionada al dispositivo móvil 108_i al seleccionar el dispositivo móvil 108_j para servir el vector de formación de haz. De modo similar, la estación de base 102 puede tomar en consideración la interferencia ocasionada al dispositivo móvil 108_j al seleccionar el dispositivo móvil 108_i para servir y para el vector de formación de haz.

Un esquema consiste en seleccionar el vector de formación de haz / precodificación para potenciar al máximo la relación de interferencia de señal a ruido que se define como:

$$w_i^{opt} = \arg \max_w \frac{|h_{ii} w|^2 P}{\sum_{j \neq i} |h_{ij} w|^2 P + (w^H w) N_i},$$

La solución es equivalente al filtro de recepción MMSE del correspondiente enlace ascendente virtual

$$r_i = w^H \left(h_{ii}^H \sqrt{P} s_i + \sum_{j \neq i} h_{ij}^H \sqrt{P} s_j + n_i \right)$$

$$w_i^{MMSE} = \left(N_i I + P \sum_{j \neq i} h_{ij}^H h_{ij} \right)^{-1} h_{ii}^H.$$

Si la potencia de ruido es pequeña y puede ser ignorada, la solución de precodificador ZF se define como sigue, dado, $H_{i,eq} = [h_{ii}^T, \dots, h_{ij}^T, \dots]^T$, el vector de precodificación para el dispositivo móvil 104_i se da como

$$w_i = \left(\Lambda \cdot H_{i,eq}^H (H_{i,eq} H_{i,eq}^H)^{-1} \right)^{-1}_{1^a \text{ columna}},$$

donde Λ es una matriz diagonal que normaliza la potencia de transmisión.

A continuación, se presentarán diversos aspectos para un esquema de coordinación de nivel bajo para los dispositivos móviles 108 con múltiples antenas de RX. En este ejemplo, en el que las antenas de RX son múltiples por dispositivo móvil 108, de nuevo, el vector h_{ii} es el canal de vector equivalente resultante suponiendo que se aplique un determinado filtrado de recepción. Un filtro de recepción posible es el vector propio (eigenvector) izquierdo dominante de la matriz de canal para el correspondiente usuario, donde h_{ii} esencialmente es la versión escalada del vector propio derecho dominante.

Nótese que la matriz de canal aquí considerada es la matriz de canal del dispositivo móvil 108 procedente de su célula de servicio 104, H_{ii} . Esencialmente, $h_{ii} = u_{i,1} H_{ii} = \Lambda_{i,1}^H \cdot v_{i,1}^H$. De manera similar, el canal equivalente procedente de la célula sin servicio 104 resulta de la aplicación del mismo filtro de recepción mediante $h_{ji} = u_{i,1} H_{ji}$.

Así mismo, la estación de base 102 puede transmitir más de un flujo por dispositivo móvil 108 en una célula 104. Para el flujo m -ésimo, el vector de canal equivalente $h_{ii,m} = u_{i,m} H_{ii} = \Lambda_{i,m}^H \cdot v_{i,m}^H$ debe ser realimentado así como el $h_{ji,m} = u_{i,m} H_{ji}$. De modo similar, los precodificadores ZF y MMSE pueden ser definidos. Por ejemplo, para el precodificador ZF, en la célula 104, si definimos

$$H_{i,eq} = [h_{ii,1}^T, \dots, h_{ii,m}^T, \dots, h_{ij,1}^T, \dots, h_{ij,n}^T]^T,$$

entonces el vector de precodificación para el flujo m -ésimo del dispositivo móvil 108_i se da como:

$$w_{i,m} = \left(\Lambda \cdot H_{i,eq}^H (H_{i,eq} H_{i,eq}^H)^{-1} \right)_{\text{columna m-ésima}}$$

El número de flujos servidos por el dispositivo móvil 108, S, puede igualar el número de antenas de RX. No obstante, S generalmente se debe escoger para que al menos una dimensión de recepción (grado de libertad) pueda estar disponible para la supresión de interferencia para la interferencia interusuario. Así mismo, la estación de base 102 puede programar más de un dispositivo móvil 108 por célula siempre que el número total de dispositivos móviles 108 sea inferior o igual al número total de antenas de TX a través de ambas células. Los precodificadores de transmisión analizados con anterioridad (por ejemplo, ZF o MMSE) siguen siendo aplicables.

Desde la perspectiva de la programación, la estación de base 102 ejecuta el programador para cada célula 104 para seleccionar el dispositivo 108 de manera independiente. Después de que se ha tomado la decisión para cada célula 104, se propaga al programador para las células 104 vecinas. A continuación, cada programador examina los dispositivos móviles o flujos que deben ser servidos por las células 104 vecinas, y si esos dispositivos móviles 108 (o flujos) dan cuenta a los vectores de canal desde la célula 104 actual, entonces la estación de base 102 lleva a cabo los esquemas de formación de haz analizados con anterioridad para reducir al mínimo la interferencia ocasionada a esos dispositivos móviles 108 (o flujos).

De modo similar, el programador puede ser mejorado considerando todos los dispositivos móviles 108 a través de las células 104 de manera conjunta. La estación de base 102 puede, en primer lugar, seleccionar el dispositivo móvil 108 (o flujo) con la métrica más alta (en base a una cierta imparcialidad, por ejemplo, una imparcialidad proporcional) entre las células 104. Una forma de seleccionar el siguiente dispositivo móvil 108 es la que sigue:

(1) Para todos los dispositivos móviles 108 restantes (flujos), identificar un subconjunto de los dispositivos móviles 108 cuyas CDI tenga una pequeña correlación con respecto a ese dispositivo móvil 108 (flujo) seleccionado;

(2) a partir de este subconjunto de dispositivo móvil (108) o flujo, seleccionar el dispositivo móvil 108 (o flujo) con la métrica más alta para emparejarse con los dispositivos móviles 108 (o flujos);

(3) Continuar el proceso hasta que todos los dispositivos móviles 108 (o flujos) sean seleccionados.

Este procedimiento de selección de usuario puede contribuir a reducir al mínimo la pérdida de potencia derivada de la precodificación. Determinadas restricciones pueden ser aplicadas para limitar solo un dispositivo móvil 108 por célula, y / o como mucho unos flujos T por usuario del dispositivo móvil 108 (por ejemplo, T = 2) y / o, para hacer posible cerrar una o más células 104 en el caso de que haya nuevos dispositivos móviles 108 compatibles, que sean esencialmente FFR adaptativos.

En el enfoque precedente, solo se lleva a cabo una coordinación de nivel bajo en el nivel de selección del dispositivo móvil 108. La estación de base 102 sigue decidiendo el vector de formación de haz / precodificación para cada célula 104 de manera separada. Un nivel más de cooperación consiste, en base a los mismos canales de realimentación, seleccionar de forma conjunta los vectores de precodificación a través de las células 104 en un dispositivo móvil 108. Este enfoque puede ser implementado con un listín de códigos de precodificación de tamaño finito con diferentes criterios. A modo de ejemplo, potenciar al máximo la tasa de transmisión total o la media armónica de las tasas de transmisión de los dispositivos móviles, por ejemplo,

$$R = \sum_i \log(1 + SINR_i)$$

$$SINR_i = \frac{P_i |h_{ii} w_i|^2}{N_i + \sum_{j \neq i} P_j |h_{ji} w_j|^2} = \frac{P_i \|h_{ii}\|^2 |\tilde{h}_{ii} w_i|^2}{N_i + \sum_{j \neq i} P_j \|h_{ji}\|^2 |\tilde{h}_{ji} w_j|^2}$$

Este enfoque requiere la adición de realimentaciones sobre la potencia de interferencia de cada usuario.

Como alternativa, se puede utilizar un enfoque híbrido. A modo de ejemplo, con dos dispositivos móviles 108, el dispositivo móvil 108 de alta geometría selecciona en primer término el vector de precodificación en base a la solución ZF de forma cerrada y el dispositivo móvil 108 de baja geometría selecciona el vector de precodificación entre el listín de códigos finitos.

En los análisis referidos con anterioridad, los filtros de recepción (por ejemplo los eigenvectores izquierdos) son aplicados para obtener los vectores de canal equivalentes con fines de realimentación. Así mismo, si la estación de base 102 incorpora una perfecta información del estado del canal, los datos existentes en el lado del dispositivo móvil, no experimentarán ninguna interferencia entre usuarios después de la aplicación de los filtros de recepción descritos. Sin embargo, debido a la cuantificación de errores, las variaciones de canal y / o los errores de estimación

de canal, cuando el dispositivo móvil 108 reciba las señales, el canal observado por el dispositivo móvil 108 podría ser diferente del asumido por la estación de base 102. Una propuesta para tratar este problema consiste en seguir utilizando el eigenvector izquierdo dominante. La estación 108 puede aplicar el filtro MMSE para anular la interferencia residual debida a las desadaptaciones de canal. En particular, si solo un flujo es servido por el dispositivo móvil 108, la matriz de antenas de RX puede utilizar las antenas restantes N-1 con la finalidad de la supresión de interferencias.

Un diagrama conceptual de un sistema de antenas distribuido se muestra en la FIG. 10. En este ejemplo, la estación de base 102 se muestra soportando dos antenas de TX 106_{i1} y 106_{i2} para servir la célula 104_i , dos antenas de TX 106_{j1} y 106_{j2} para servir la célula 104_j , y dos antenas de TX 106_{k1} y 106_{k2} para servir la célula 104_k . El sistema de antenas distribuido mostrado en la FIG. 10 es exactamente un supuesto especial de los sistemas de comunicación inalámbrica ofrecidos con anterioridad en la presente divulgación y los diversos conceptos descritos en la presente divulgación se pueden extender a este sistema.

Los diversos conceptos ofrecidos a lo largo de la presente divulgación pueden ser generalizados a tres o más células por los expertos en la materia.

En resumen, el sistema 213 de procesamiento es el medio mediante el cual se proporciona cobertura a través de una primera célula mediante un sistema de antenas y la cobertura para una segunda célula se proporciona mediante un segundo sistema de antenas. Un sistema de antenas puede comprender una única antena direccional, múltiples elementos de antena, o una disposición MIMO, MISO, SISO.

El sistema 213 de procesamiento es también el medio mediante el cual son procesados los datos para la transmisión hacia un dispositivo móvil de la primera célula utilizando los primero y segundo sistemas de antena. El sistema 213 de procesamiento utiliza una primera estimación de canal entre el primer sistema de antena y el dispositivo móvil, y una segunda estimación de canal entre el segundo sistema de antena y el dispositivo móvil para procesar los datos de transmisión.

El sistema 213 de procesamiento es el medio mediante el cual las primera y segunda estimaciones de canal son recibidas del dispositivo móvil. El sistema 213 de procesamiento suministra el medio para hacer posible que el dispositivo móvil calcule las estimaciones a partir de las señales de referencia transmitidas tanto desde el primero como del segundo sistema de antenas. Esto se lleva a cabo (1) generando unas primera y segunda señales de referencia que no entren en colisión para su transmisión en las primera y segunda células, respectivamente, y perforar los datos para su transmisión en la primera célula para hacer posible que el dispositivo móvil genere la estimación de segundo canal a partir de la segunda señal de referencia, o (2) generar unas primera y segunda señales de referencia de colisión para su transmisión en las primera y segunda células, respectivamente, y punzonar la primera señal de referencia para hacer posible que el dispositivo móvil genera la segunda estimación de canal a partir de la segunda señal de referencia.

El sistema de procesamiento puede coordinar las transmisiones hacia el dispositivo móvil de la primera célula y utilizar las dimensiones espaciales para (1) potenciar el rendimiento del dispositivo móvil ya sea enviando más haces espaciales o proporcionando más ganancia de potencia de formación de haces, y / o (2) minimizar la interferencia experimentada por los dispositivos móviles. En este último caso, el sistema de procesamiento proporciona el medio de selección de un segundo dispositivo móvil en la segunda célula para su transmisión conjunta con el dispositivo móvil de la primera célula, basándose la selección del segundo dispositivo móvil en la reducción de la interferencia.

La FIG. 11 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de la funcionalidad de un aparato. El aparato 1100 incluye un módulo 1102 para proporcionar una cobertura a una primera célula mediante un primer sistema de antena, un módulo 1104 para proporcionar cobertura a una segunda célula mediante un segundo sistema de antena, y un módulo 1106 para proporcionar los datos de transmisión a un dispositivo móvil de la primera célula utilizando los primero y segundo sistemas de antena.

Los diversos aspectos o características descritos en la presente memoria pueden ser implementados como un procedimiento, aparato o artículo de fabricación utilizando técnicas de programación y / o ingeniería estándar. El término "artículo de fabricación" según se utiliza en la presente memoria pretende abarcar un programa de ordenador accesible desde cualquier dispositivo legible por ordenador, portadora, o medios. Por ejemplo, los medios legibles por ordenador pueden incluir, pero no están limitados a, dispositivos de almacenamiento magnéticos (por ejemplo, disco duro, disco flexible, cintas magnéticas, etc.), discos ópticos (por ejemplo, disco compacto (CD), disco versátil digital (DVD), etc.), tarjetas inteligentes y dispositivos de memoria flash (por ejemplo, EPROM, tarjeta, *stick*, *key drive*, etc.). Así mismo, los diversos medios de almacenamiento descritos en la presente memoria pueden representar uno o más dispositivos y / u otros medios legibles por máquina para almacenar información. El término "medio legible por máquina" puede incluir un producto de programa de ordenador que incorpore un código ejecutable por ordenador, un canal inalámbrico y otros diversos medios capaces de almacenar, contener y / o acarrear instrucción(es) y / o datos. Así mismo, un producto de programa de ordenador puede incluir un medio legible por ordenador que incorpore una o más instrucciones de código operables para hacer que un ordenador lleve a cabo las funciones descritas en la presente memoria.

Así mismo, las etapas y / o acciones de un procedimiento o algoritmo descritas en conexión con los aspectos divulgados en la presente memoria pueden ser llevadas a cabo directamente en hardware, en un módulo software procesador por un procesador, o en una combinación de los dos. Un módulo software puede residir en una memoria RAM, una memoria flash, una memoria ROM, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento ejemplar puede estar acoplado al procesador de forma que el procesador pueda leer la información procedente de y escribir información hacia el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. Así mismo, en algunos aspectos, el procesador y el medio de almacenamiento puede residir en un ASIC. Así mismo, el ASIC puede residir en un terminal de usuario. En algunos aspectos las etapas y / o acciones de un procedimiento o algoritmo pueden residir como un código o cualquier combinación o conjunto de códigos y / o instrucciones de un medio legible por máquina y / o de un medio legible por ordenador, los cuales pueden ser incorporados en un producto de programa de ordenador.

Aunque la divulgación precedente analiza aspectos ilustrativos, se debe destacar que podrían llevarse a cabo en la presente memoria cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de los aspectos descritos y / o de los aspectos definidos por las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, los aspectos descritos pretenden abarcar todas estas alteraciones, modificaciones y variaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Así mismo, aunque elementos de los aspectos descritos pueden ser descritos o reivindicados en singular, también se contempla la forma plural a menos que se establezca de manera explícita su limitación de manera singular. Así mismo, todas o una porción de cualquier aspecto puede ser utilizado con todas o con una porción de cualquier otro aspecto, a menos que se establezca lo contrario, hasta el punto en que el término "incluye" se utilice ya sea en la descripción detallada o en las reivindicaciones, dicho término está concebido para quedar incluido en el término singular "que comprende", en tanto "que comprende" se interprete cuando se emplea como palabra transicional en una reivindicación.

Las diversas lógicas ilustrativas, bloques lógicos, módulos y circuitos descritos en conexión con las formas de realización divulgados en la presente memoria, pueden ser implementadas o llevadas a cabo con un procesador de propósito general, un procesador digital de la señal (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una matriz de puertas programable en el campo (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes hardware discretos o cualquier combinación de estos diseñados para llevar a cabo las funciones descritas en la presente memoria. Un ordenador de propósito general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador general, controlador, microcontrolador o máquina de estados. Un procesador puede ser también implementado como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores o uno o más microprocesadores de forma conjunta con un núcleo de DSP, o cualquier otra configuración de este tipo. Así mismo, al menos un procesador puede comprender uno o más módulos operables para llevar a cabo una o más de las etapas y / o acciones descritas con anterioridad.

Así mismo, las etapas y / o acciones de un procedimiento o algoritmo descritos en conexión con los aspectos divulgados en la presente memoria pueden ser puestos en práctica directamente en hardware, en un módulo software ejecutado por ordenador, o en una combinación de ambos. Un módulo software puede residir en una memoria RAM, una memoria flash, una memoria ROM, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registradores, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento ejemplar puede estar acoplado al procesador, de forma que el procesador pueda leer información desde y escribir información hacia el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. Así mismo, en algunos aspectos, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. Así mismo, el ASIC, puede residir en un terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en forma de componentes discretos en un terminal de usuario. Así mismo, en algunos aspectos, las etapas y / o las acciones de un procedimiento o algoritmo pueden residir como un código o como cualquier combinación o conjunto de códigos y / o instrucciones de un medio legible por máquina y / o de un medio legible por ordenador, el cual puede ser incorporado en un programa de producto de ordenador.

En uno o más aspectos, las funciones descritas pueden ser implementadas en hardware, software, firmware o cualquier combinación de estos. Si se implementan en software, las funciones puede ser almacenadas o transmitidas como una más o instrucciones o un código dispuesto en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento en ordenador como medios de comunicación que incluyan cualquier medio que facilite la transferencia de un programa de ordenador de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder por un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM, u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnéticos o cualquier otro medio que pueda ser utilizado para incorporar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y a los que se pueda acceder por un ordenador. Así mismo, cualquier conexión puede ser designada como un medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software es transmitido por un sitio web, un servidor u otra fuente remota utilizando un cable coaxial, cable por fibra óptica, par trenzado, línea de abonado digital (DSL), o tecnologías inalámbricas como por ejemplo infrarrojas, de radio y de microondas, entonces el cable coaxial, el cable por fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las

tecnologías inalámbricas como por ejemplo infrarrojas, de radio y de microondas son incluidas en la definición de medio. *Disk* y *disc*, según se utilizan en la presente memoria, incluyen el disco compacto (CD), el disco láser, el disco óptico, el disco versátil digital (DVD), el disco flexible y el disco blue-ray en el que los *disks* generalmente reproducen datos de forma magnética, mientras que los *discs* generalmente reproducen datos de forma óptica con láseres. Combinaciones de los referidos deben también incluidos dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

Aunque la divulgación precedente analiza aspectos y / o formas de realización ilustrativas, se debe destacar que podrían llevarse a cabo diversos cambios y modificaciones en la presente memoria sin apartarse del ámbito de los aspectos descritos y / o de las formas de realización tal como se definen en las reivindicaciones adjuntas. Así mismo, aunque pueden ser descritos o reivindicados en singular elementos de los aspectos y / o formas de realización descritos, también se contempla la forma plural a menos que se establezca de manera explícita la forma singular. Así mismo, todas o una porción de cualquier aspecto y / o forma de realización pueden ser utilizadas con todas o con una porción de cualquier otro aspecto y / o forma de realización, a menos que se declare lo contrario.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un aparato (102) de comunicaciones inalámbricas, que comprende:
 - un medio para proporcionar cobertura de una primera célula (104i) mediante un primer sistema (106i) de antena;
 - 5 un medio para proporcionar cobertura de una segunda célula (104j) mediante un segundo sistema (106j) de antena;
 - un medio de procesamiento de datos para su transmisión a un dispositivo móvil de la primera célula utilizando los primero y segundo sistemas de antena **caracterizado por:**
 - 10 un medio de generación de unas primera y segunda señales de referencia para su transmisión en las primera y segunda células, respectivamente; y
 - un medio de punzonado (102) de los datos para su transmisión en la primera célula cuando las primera y segunda señales de referencia no entren en colisión y de punzonado (102) de la primera señal de referencia cuando las primera y segunda señales de referencia entren en colisión, para hacer posible que el dispositivo móvil genere la segunda estimación de canal procedente de la segunda señal de referencia.
- 15 2.- El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio para el procesamiento de datos utiliza una primera estimación de canal entre el primer sistema de antena y el dispositivo móvil, y una segunda estimación de canal entre el segundo sistema de antena y el dispositivo móvil para procesar los datos para su transmisión.
- 3.- El aparato de la reivindicación 2, que comprende además un medio para recibir las primera y segunda estimaciones de canal desde el dispositivo móvil.
- 20 4.- El aparato de la reivindicación 2, en el que el medio de generación comprende un medio para generar unas primera y segunda señales de referencia que no entren en colisión para su transmisión, respectivamente, en las primera y segunda células.
- 5.- El aparato de la reivindicación 2, en el que el medio de generación comprende un medio para generar unas primera y segunda señales de referencia que entran en colisión para su transmisión, respectivamente, en las
- 25 6.- El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio de procesamiento de datos procesa los datos para transmitir una pluralidad de flujos espaciales hacia el dispositivo móvil a través de los primero y segundo sistemas de antena.
- 7.- El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio de procesamiento de datos procesa los datos para formar un patrón de haz para transmitir los datos al dispositivo móvil a través de los primero y segundo sistemas de antena.
- 30 8.- El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio de procesamiento de datos utiliza dimensiones espaciales para reducir la interferencia.
- 9.- El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio de procesamiento de datos precodifica los datos en base a las condiciones de canal entre el dispositivo móvil y los primero y segundo sistemas de antena.
- 10.- Un procedimiento de comunicaciones inalámbricas, que comprende:
 - 35 proporcionar cobertura de una primera célula (104i) por medio de un primer sistema (106i) de antena;
 - proporcionar cobertura de una segunda célula (104j) por medio de un segundo sistema (106j) de antena;
 - el procesamiento de datos para su transmisión a un dispositivo móvil de la primera célula utilizando los primero y segundo sistema de antena **caracterizado por:**
 - 40 la generación de unas primera y segunda señales de referencia para su transmisión, respectivamente, en las primera y segunda células; y
 - el punzonado de los datos para su transmisión en la primera célula cuando las primera y segunda señales de referencia no entren en colisión y el punzonado de la primera señal de referencia cuando las primera y segunda señales de referencia entren en colisión, para hacer posible que el dispositivo móvil genere la segunda estimación de canal a partir de la segunda señal de referencia.
- 45 11.- El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el procesamiento de los datos comprende la utilización de una primera estimación de canal entre un primer sistema de antena y el dispositivo móvil, y una segunda estimación de canal entre el segundo sistema de antena y el dispositivo móvil para procesar los datos para su transmisión.

12.- El procedimiento de la reivindicación 11, que comprende además la recepción de las primera y segunda estimaciones de canal procedentes del dispositivo móvil.

5 13.- El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la generación comprende la generación de unas primera y segunda señales de referencia que no entran en colisión para su transmisión en, respectivamente, las primera y segunda células.

14.- El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la generación comprende la generación de unas primera y segunda señales de referencia que entran en colisión para su transmisión en, respectivamente, las primera y segunda células.

10 15.- Un producto de programa de ordenador el cual, cuando es ejecutado, emprende el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14.

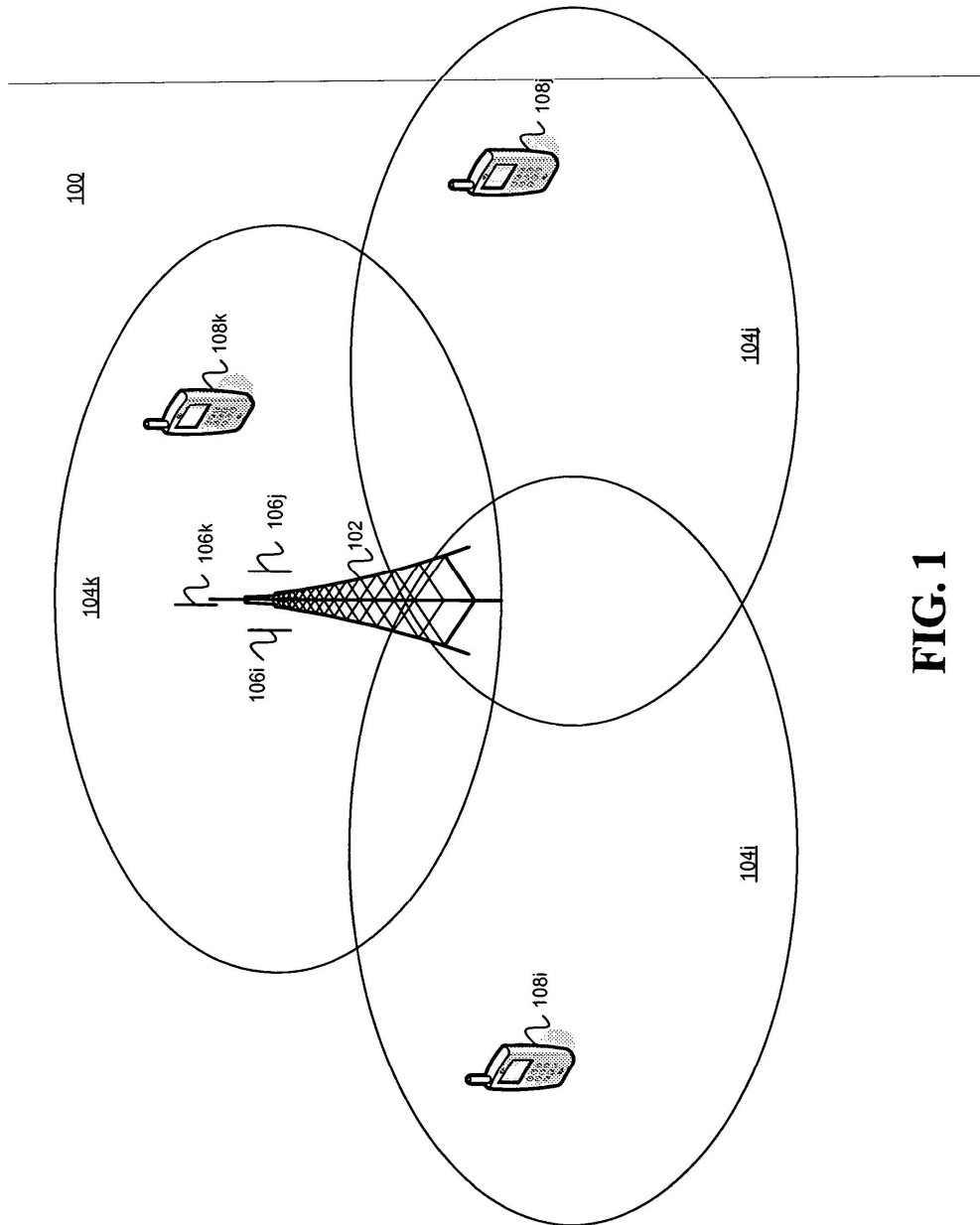


FIG. 1

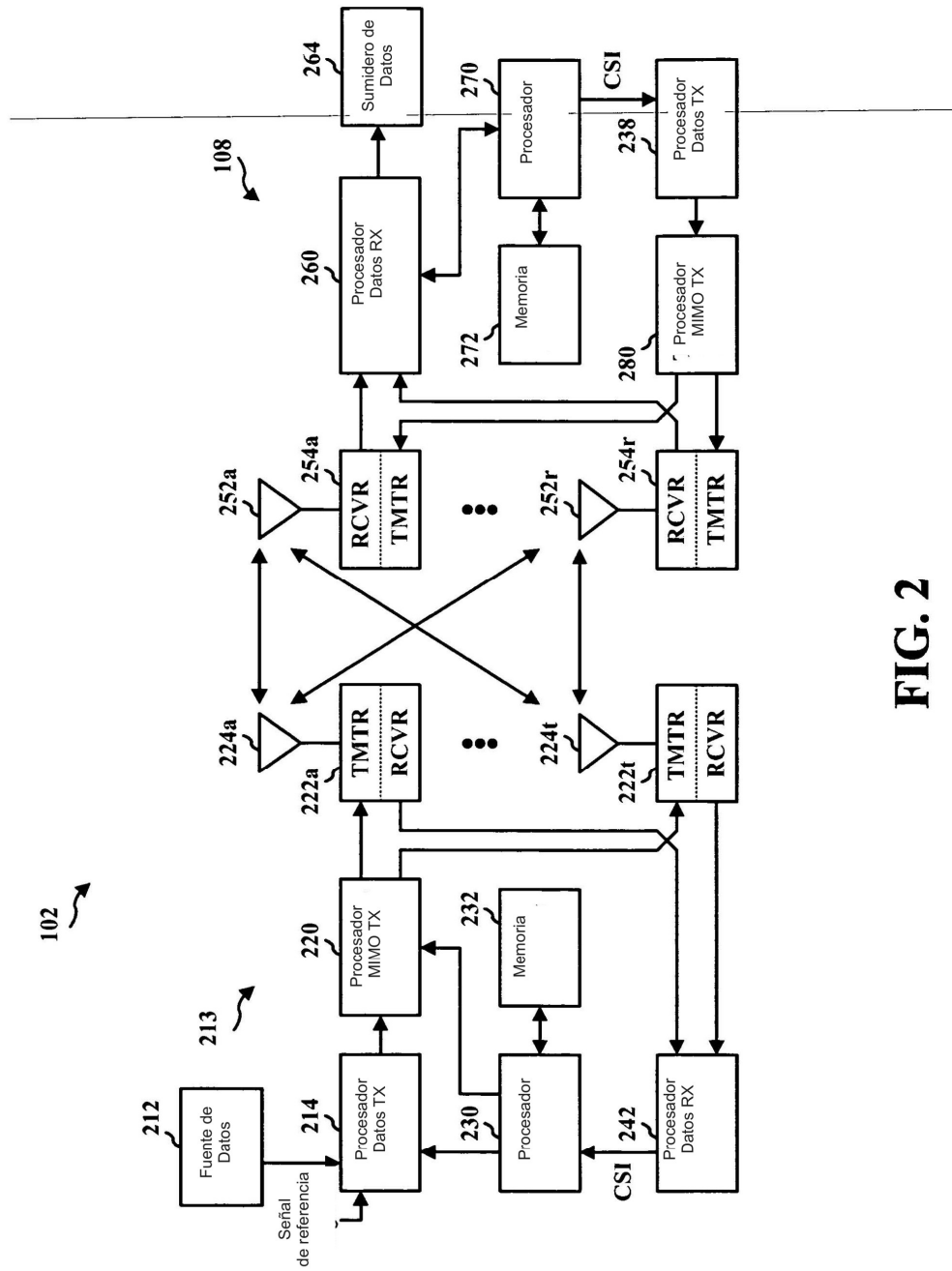


FIG. 2

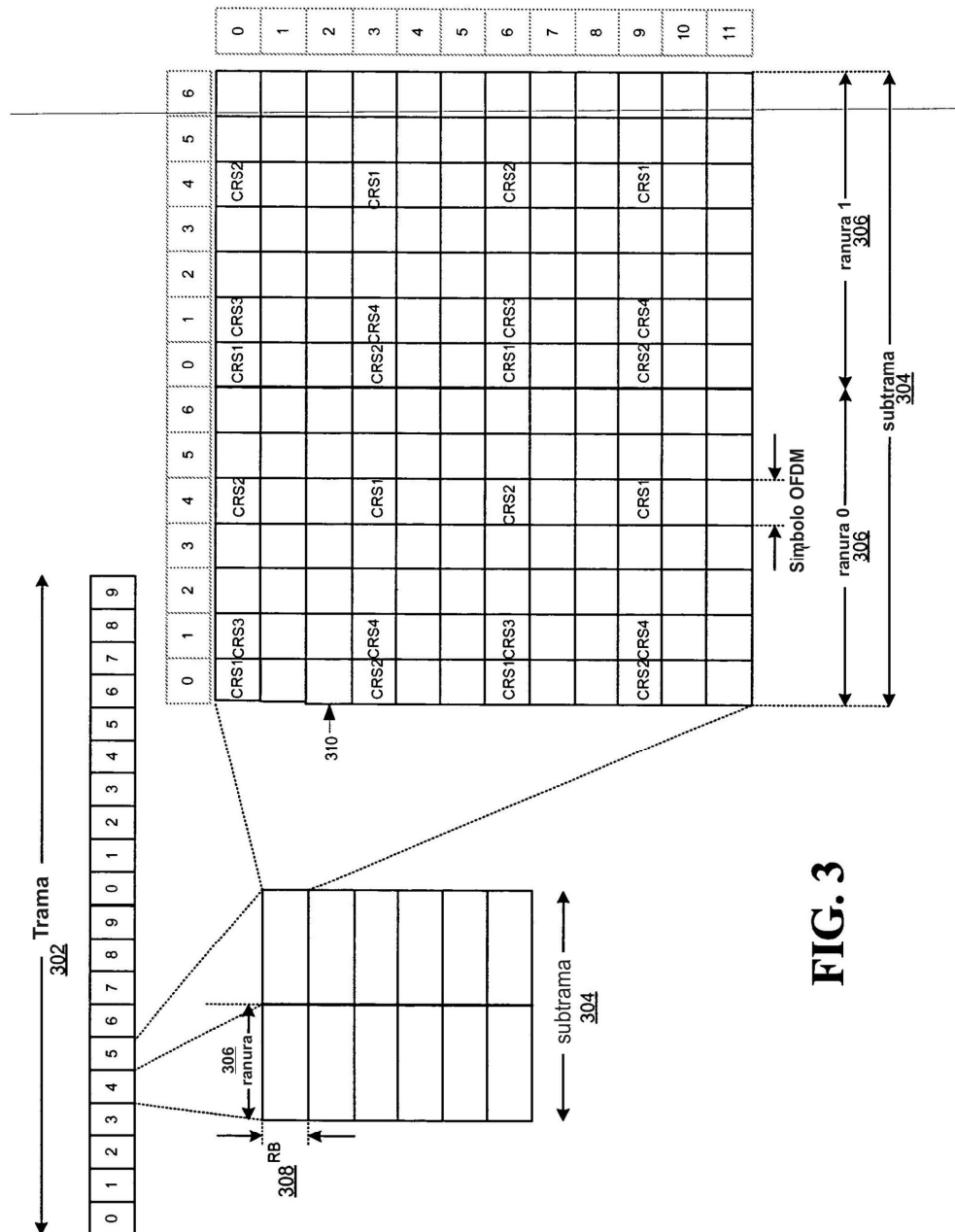


FIG. 3

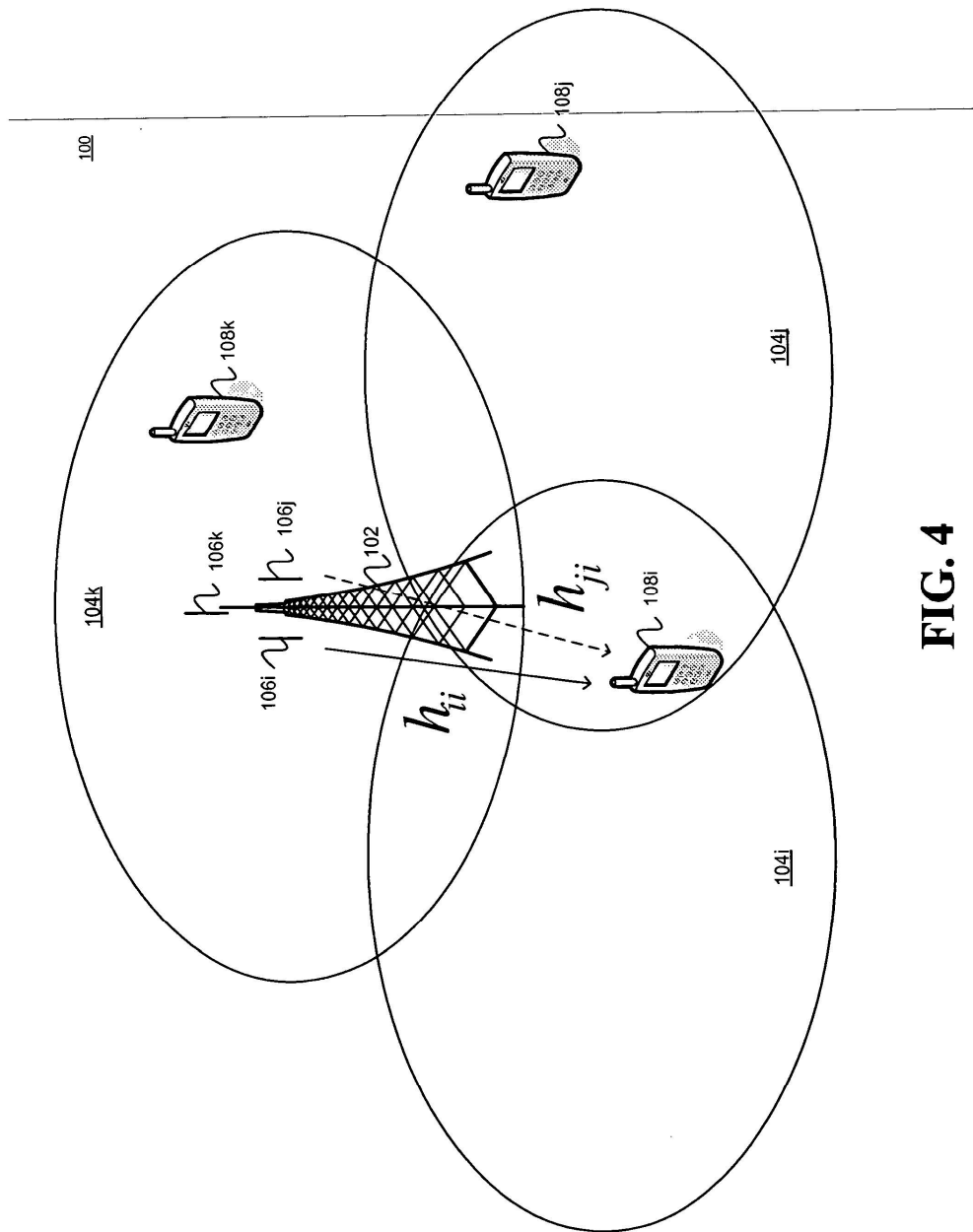


FIG. 4

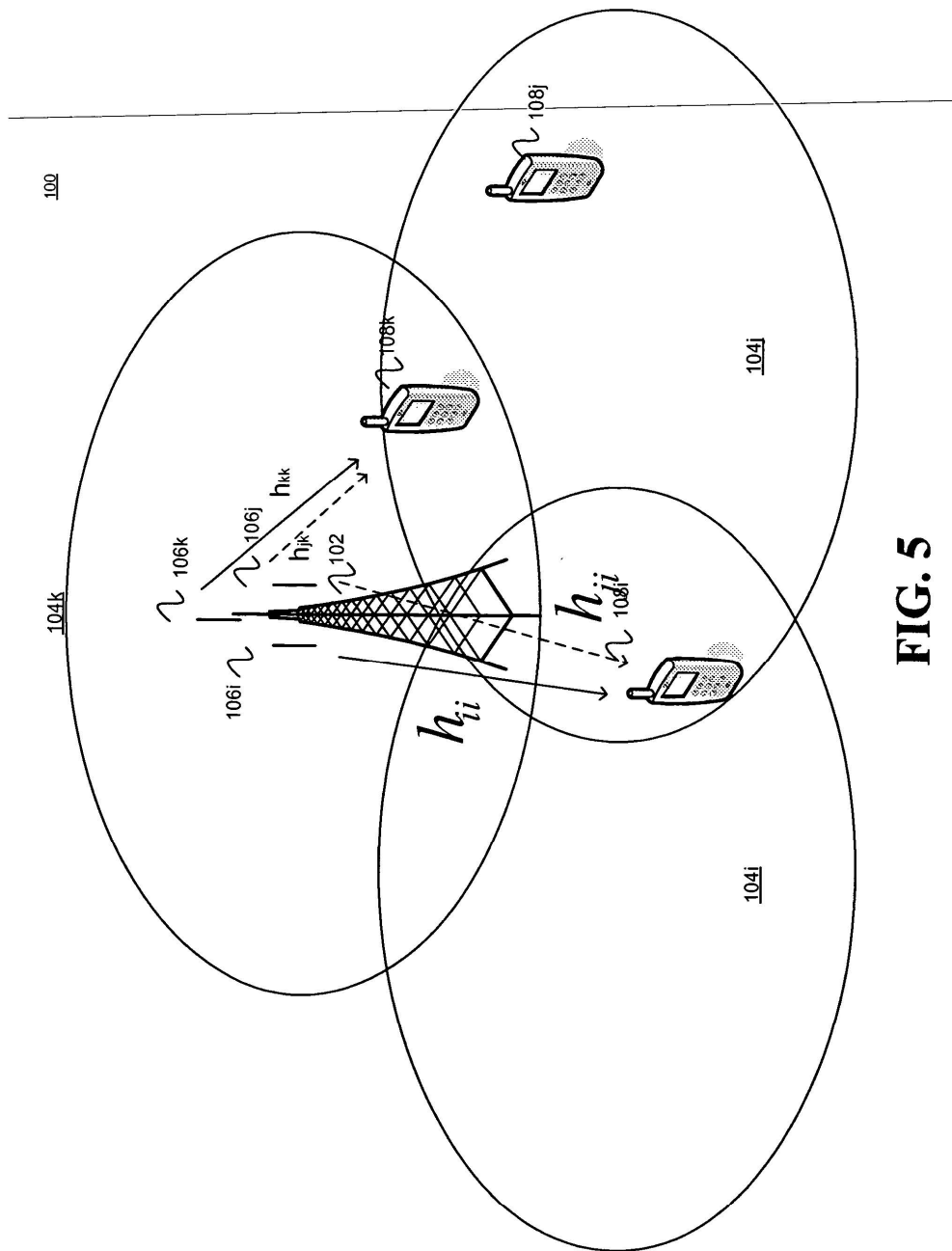


FIG. 5

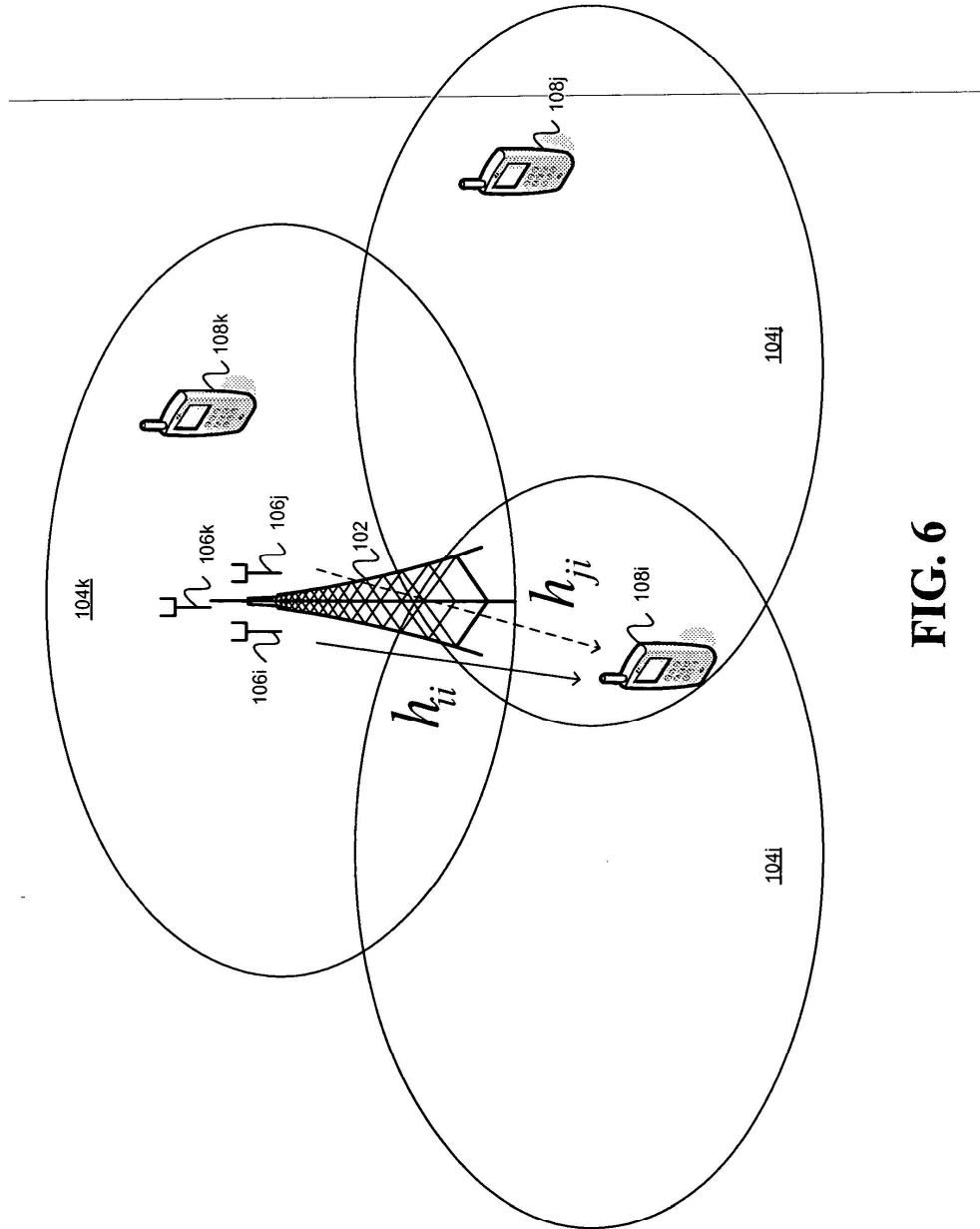


FIG. 6

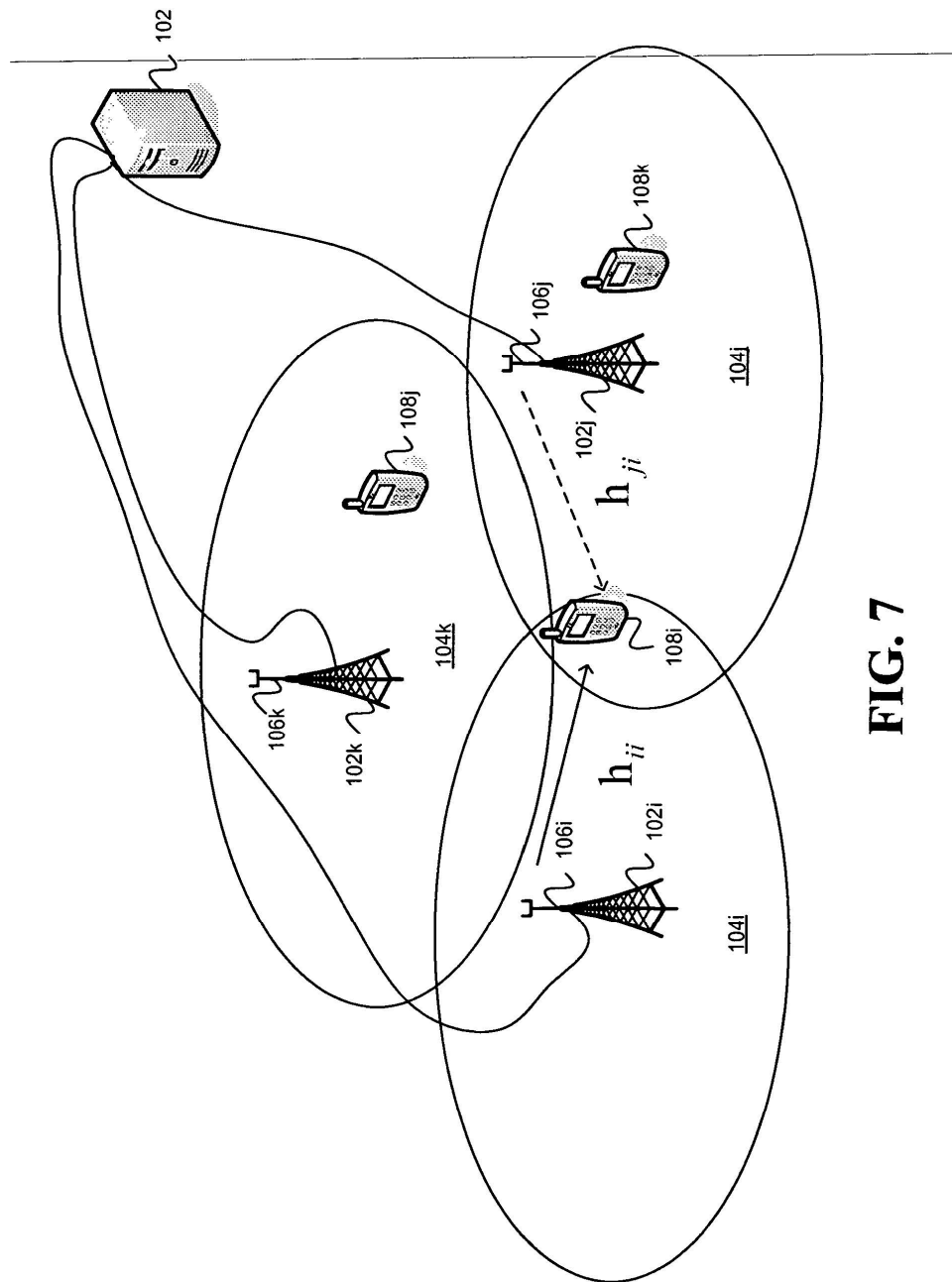


FIG. 7

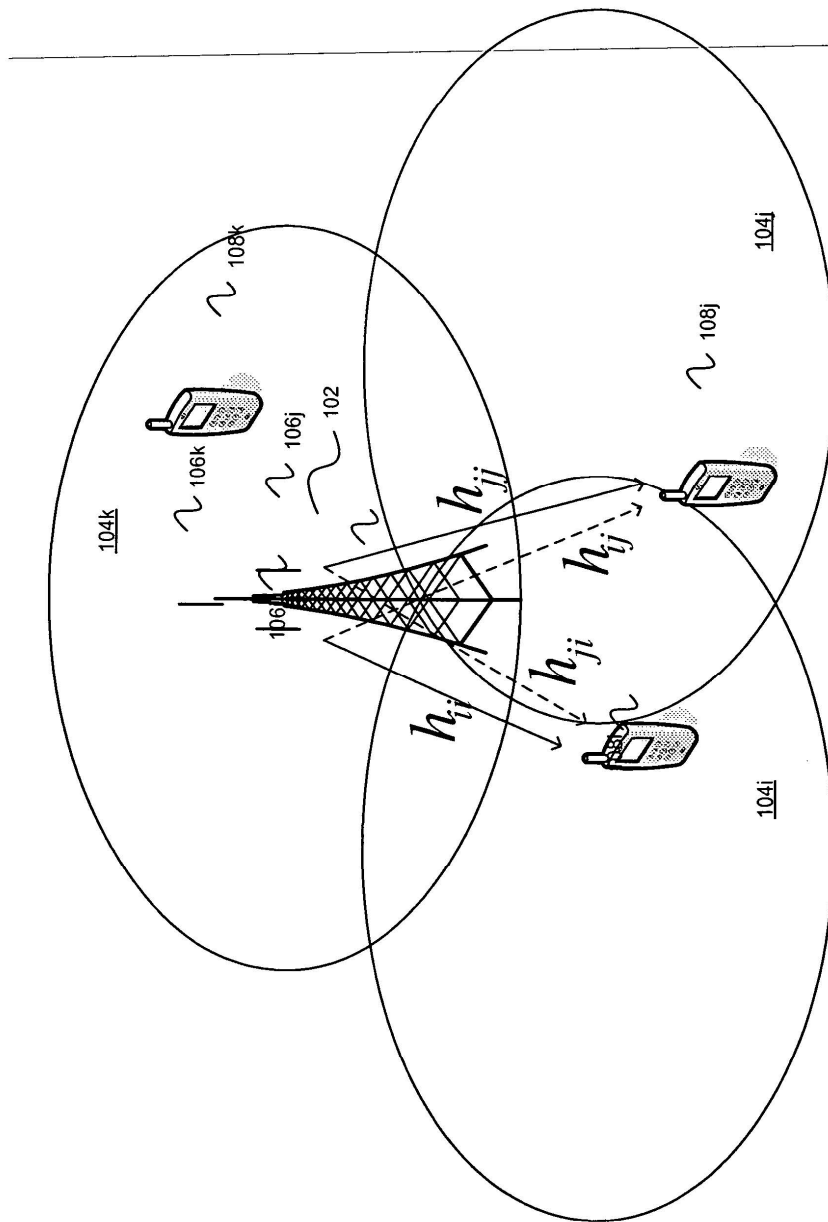


FIG. 8

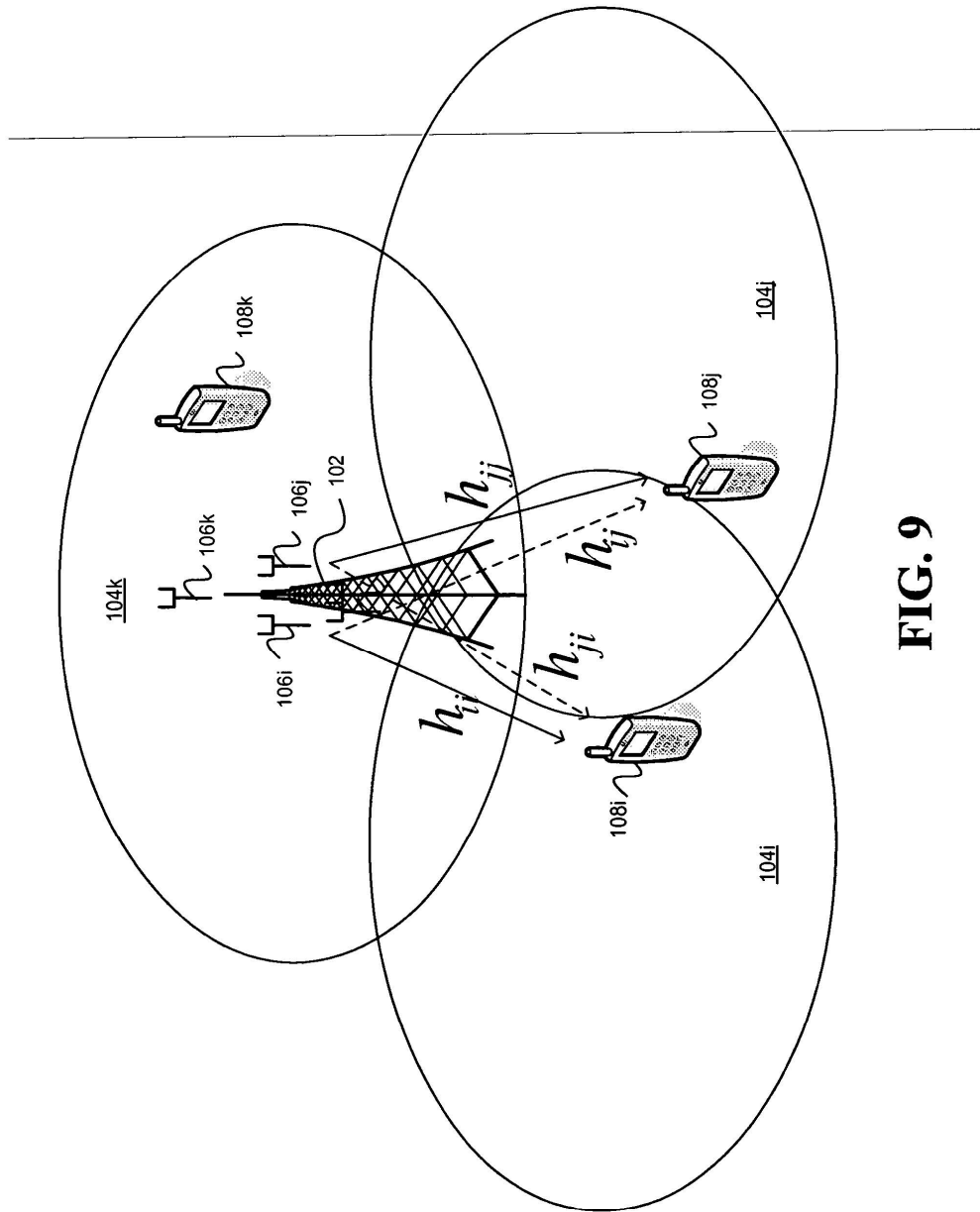


FIG. 9

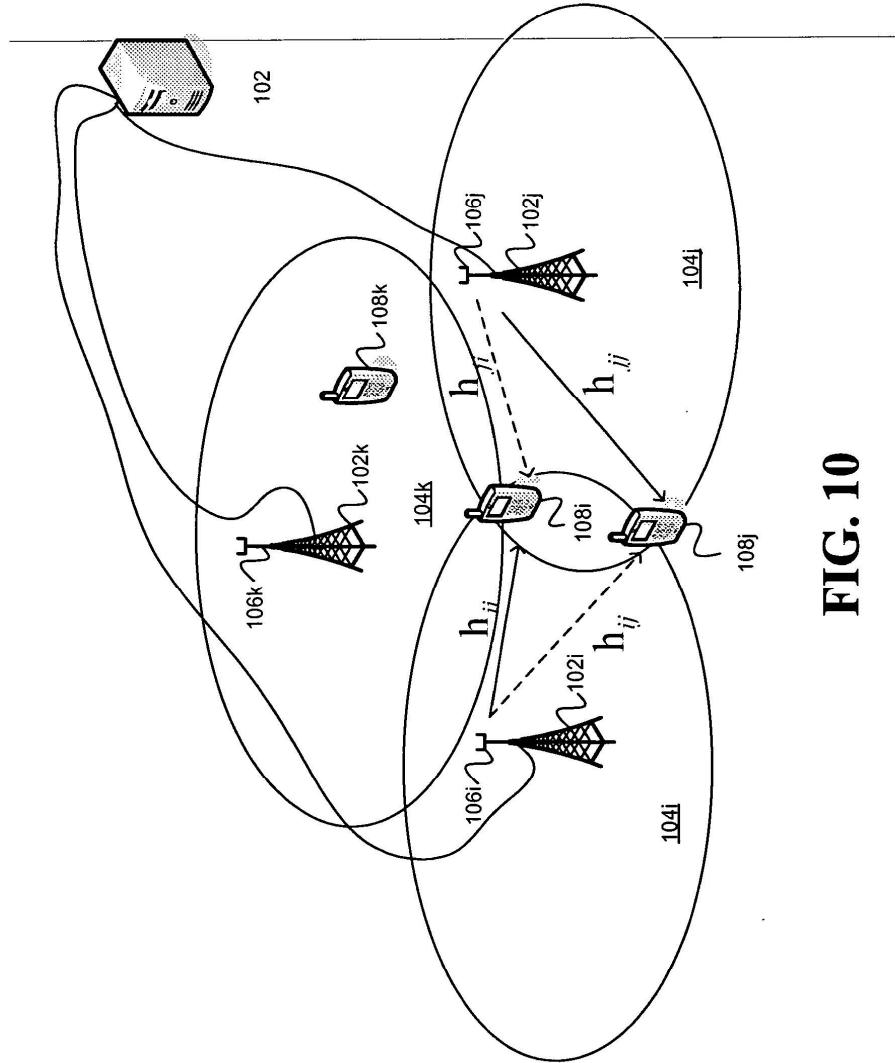


FIG. 10

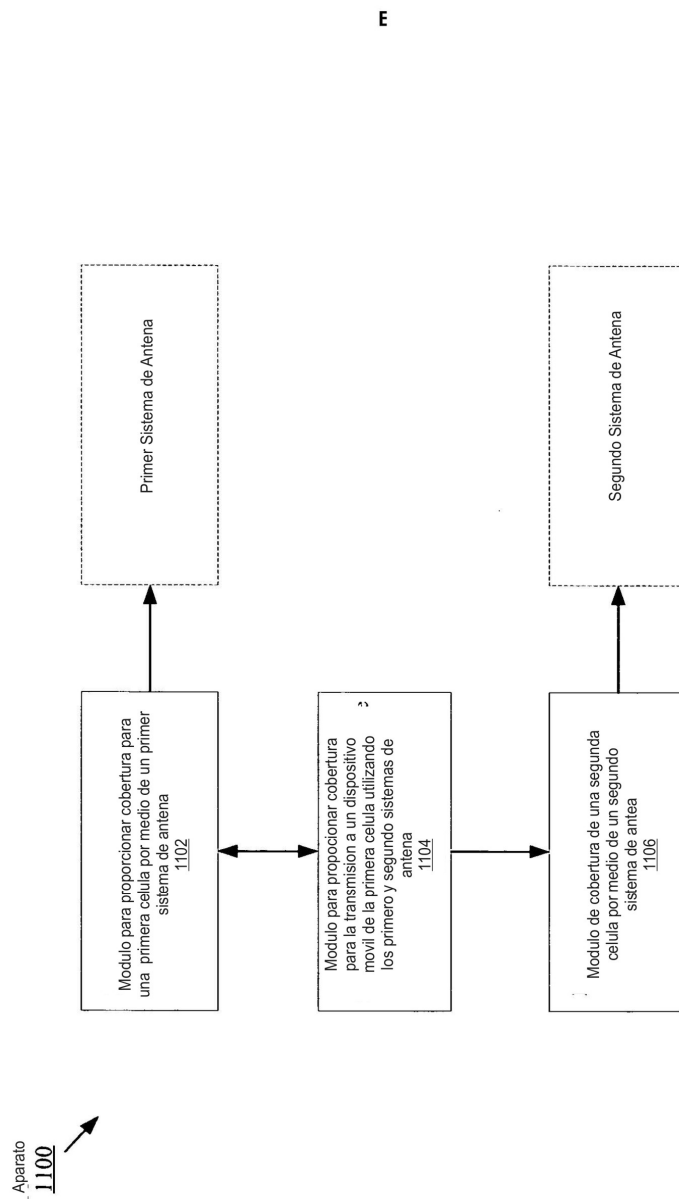


FIG. 11