

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 873**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04 (2007.01)

H04B 7/26 (2006.01)

H04B 7/02 (2007.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 17/00 (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2007 PCT/US2007/072324**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2008 WO08003022**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2007 E 07812410 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2041885**

54 Título: **Sistemas y técnicas de calibración para conformación de haz distribuida**

30 Prioridad:

29.06.2006 US 477244

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

22.02.2018

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)
2200 MISSION COLLEGE BOULEVARD
SANTA CLARA, CA 95052, US**

72 Inventor/es:

MITRAN, PATRICK

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 655 873 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

Sistemas y técnicas de calibración para conformación de haz distribuida.

Antecedentes

5 La conformación de haz es una técnica de procesamiento de señal usada para un grupo de antenas que implica transmitir una señal de cada antena en un retardo diferente o cambio de fase y amplificar la señal de cada antena en una ponderación diferente de modo que las señales, cuando se combinan, producen el efecto de una sola señal fuerte. Los cambios y ponderaciones de fase de la conformación de haz pueden aplicarse de manera fija o adaptativa.

10 En un sistema de comunicaciones de Múltiple Entrada, Múltiple Salida (MIMO, por sus siglas en inglés), un transmisor y un receptor incluyen, cada uno, un grupo de antenas que tiene múltiples antenas para enviar y recibir uno o múltiples flujos espaciales en un enlace de comunicación inalámbrico. Con el fin de aumentar la ganancia de las antenas en la dirección de un receptor destinado, el transmisor puede emplear la conformación de haz de antena cuando transmite uno o múltiples flujos espaciales. Debido a las limitaciones de coste o diseño, muchos dispositivos inalámbricos pueden no incluir más de una antena y son incapaces de aprovechar las técnicas de conformación de haz MIMO.

15 RAGHURAMAN MUDUMBAI Y OTROS: "*Distributed Beamforming using 1 Bit Feedback: from Concept to Realization*", *PROCEEDINGS OF THE ANNUAL ALLERTON CONFERENCE ON COMMUNICATION, CONTROL AND COMPUTING*, XX, XX no. 44TH 1 enero 2006 (01-01-2006), páginas 1020-1027, XP002607570.

20 El documento WO 2005/101772 se refiere a una calibración de reivindicaciones de transmisión y recepción en un sistema de comunicación MIMO.

MITRAN P Y OTROS: "*Collaborative Beamforming for Distributed Wireless Ad Hoc Sensor Networks*", *IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER*, NUEVA YORK, NY, ESTADOS UNIDOS, vol. 53, no. 11, 1 noviembre 2005 (1-11-2005), páginas 4110-4124, XP011141125, ISSN: 1053-587X, 001: 10.1109/TSP.2005.857028.

25 Según un primer aspecto de la invención, se provee un aparato como se reivindica en la reivindicación 1.

Según un segundo aspecto de la invención, se provee un sistema como se reivindica en la reivindicación 6.

Según un tercer aspecto de la invención, se provee un método como se reivindica en la reivindicación 8.

Según un cuarto aspecto de la invención, se provee un almacenamiento legible por máquina como se reivindica en la reivindicación 13.

30 Realizaciones adicionales de la invención se incluyen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una realización de un sistema de comunicaciones.

La Figura 2 ilustra una realización de un flujo lógico.

La Figura 3 ilustra una realización de un artículo de fabricación.

35 Descripción detallada

40 Varias realizaciones se dirigen a una red inalámbrica colaborativa o distribuida en la cual múltiples dispositivos inalámbricos independientes se disponen para llevar a cabo la conformación de haz distribuida mediante la comunicación cooperativa con un dispositivo receptor particular. Los múltiples dispositivos inalámbricos independientes pueden coordinarse entre sí para actuar como un grupo de antenas inteligentes o virtuales, y las cadenas de transmisión y recepción de los dispositivos cooperativos pueden calibrarse para permitir la recepción coherente en el dispositivo receptor.

45 En varias realizaciones, la calibración puede llevarse a cabo según el conocimiento de canal efectivo adquirido por el sonido de los canales efectivos entre los dispositivos cooperativos y el dispositivo receptor. Mediante el sonido de los canales efectivos, los dispositivos de transmisión cooperativos pueden aprender o adquirir un conocimiento de canal efectivo y luego premultiplicar las transmisiones al dispositivo receptor por un escalar o factor de ponderación que es una función del conocimiento de canal efectivo.

En varias implementaciones, uno o más de los dispositivos cooperativos pueden recibir un paquete de una fuente y retransmitir el paquete simultáneamente a un dispositivo receptor inalámbrico fuera del rango de la fuente. Mediante

la calibración de las cadenas de transmisión y recepción de los dispositivos inalámbricos cooperativos, pueden lograrse ganancias significativas cuando se comunican con el dispositivo receptor. En particular, el dispositivo receptor puede realizar la ganancia de conformación de haz y una relación señal/ruido (SNR, por sus siglas en inglés) mejorada. Además, el rango de la fuente puede aumentarse mediante ajustes de fase según el conocimiento del canal.

La Figura 1 ilustra un diagrama de bloques de una realización de un sistema de comunicaciones 100. En varias realizaciones, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender múltiples nodos. Un nodo, en general, puede comprender cualquier entidad física o lógica para comunicar información en el sistema de comunicaciones 100 y puede implementarse como hardware, software, o cualquier combinación de ellos, según se desee para un conjunto dado de parámetros de diseño o limitaciones de rendimiento. Aunque la Figura 1 puede mostrar un número limitado de nodos a modo de ejemplo, puede apreciarse que más o menos nodos pueden emplearse para una implementación dada.

Los nodos del sistema de comunicaciones 100 pueden disponerse para comunicar uno o más tipos de información como, por ejemplo, información de medios e información de control. La información de medios, en general, puede referirse a cualquier dato que representa contenido destinado a un usuario como, por ejemplo, información de imagen, información de vídeo, información gráfica, información de audio, información de voz, información textual, información numérica, símbolos alfanuméricos, símbolos de caracteres, y así sucesivamente. La información de control, en general, puede referirse a cualquier dato que representa comandos, instrucciones o palabras de control destinadas a un sistema automático. Por ejemplo, la información de control puede usarse para encaminar información de medios a través de un sistema, u ordenar a un nodo que procese la información de medios de cierta manera. La información de medios y control puede comunicarse desde y hacia un número de dispositivos o redes diferentes.

En varias implementaciones, la información de medios e información de control pueden segmentarse en una serie de paquetes. Cada paquete puede comprender, por ejemplo, un conjunto de datos discretos que tienen un tamaño fijo o variable representado en términos de bits o bytes. Puede apreciarse que las realizaciones descritas son aplicables a cualquier tipo de contenido o formato de comunicación como, por ejemplo, paquetes, tramas, fragmentos, células, ventanas, unidades, etc.

En varias realizaciones, el sistema de comunicaciones 100 puede disponerse para comunicar información en uno o más tipos de enlaces de comunicación inalámbricos. Ejemplos de un enlace de comunicación inalámbrico pueden incluir, sin limitación, un canal de radio, canal infrarrojo, canal de radiofrecuencia (RF), canal de Fidelidad Inalámbrica (WiFi, por sus siglas en inglés), canal de banda ancha, canal de banda ultra ancha (UWB, por sus siglas en inglés), canal de portadora múltiple (p.ej., canal MIMO), una porción del espectro RF, y/o una o más bandas de frecuencia autorizadas o libres de autorización. El sistema de comunicaciones 100 puede también disponerse para comunicar información en uno o más tipos de enlaces de comunicación cableados. Ejemplos de un enlace de comunicación cableado pueden incluir, sin limitación, un cable, bus, Bus de Serie Universal (USB, por sus siglas en inglés), placa de circuito impreso (PCB, por sus siglas en inglés), conexión Ethernet, conexión entre pares (P2P, por sus siglas en inglés), placa de circuito, textura de conmutador, material semiconductor, cable de par trenzado, cable coaxial, conexión de fibra óptica, etc. Aunque el sistema de comunicaciones 100 puede ilustrarse y describirse como uno que usa enlaces de comunicación particulares a modo de ejemplo, puede apreciarse que los principios y las técnicas descritas en la presente memoria pueden ser aplicables a varios tipos de enlaces de comunicación según las realizaciones descritas.

El sistema de comunicaciones 100 puede comunicar, gestionar y/o procesar información según uno o más protocolos. Un protocolo puede comprender un conjunto de normas o instrucciones predefinidas para gestionar la comunicación entre nodos. En varias realizaciones, por ejemplo, el sistema de comunicaciones 100 puede emplear uno o más protocolos como, por ejemplo, el protocolo de control de acceso al medio (MAC, por sus siglas en inglés), Protocolo de Convergencia de Capa Física (PLCP, por sus siglas en inglés), Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP, por sus siglas en inglés), protocolo de Modo de Transferencia Asíncrona (ATM, por sus siglas en inglés), protocolo de Relé de Trama, protocolo de Arquitectura de Red de Sistemas (SNA, por sus siglas en inglés), Protocolo de Control de Transmisión (TCP, por sus siglas en inglés), Protocolo de Internet (IP, por sus siglas en inglés), TCP/IP, X.25, Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP, por sus siglas en inglés), Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP, por sus siglas en inglés), etc.

El sistema de comunicaciones 100 puede emplear una o más técnicas de modulación que incluyen, por ejemplo, la modulación de espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS, por sus siglas en inglés), modulación de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS, por sus siglas en inglés), modulación por multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM, por sus siglas en inglés), modulación por Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK, por sus siglas en inglés), modulación por Código Complementario (CCK, por sus siglas en inglés), modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK, por sus siglas en inglés), modulación por QPSK Desplazada (OQPSK, por sus siglas en inglés), QPSK Diferencial (DQPSK, por sus siglas en inglés), Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM, por sus siglas en inglés), QAM de N-estado (N-QAM, por sus siglas en inglés), QAM

Diferencial (DQAM, por sus siglas en inglés), modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK, por sus siglas en inglés), modulación por Desplazamiento Mínimo (MSK, por sus siglas en inglés), modulación MSK gaussiano (GMSK, por sus siglas en inglés), y así sucesivamente.

- 5 El sistema de comunicaciones 100 puede comunicar información según uno o más estándares según se promulga por una organización de estándares como, por ejemplo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés), un Grupo de Trabajo (TG, por sus siglas en inglés) IEEE, el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF, por sus siglas en inglés), etc.
- 10 En varias realizaciones, por ejemplo, el sistema de comunicaciones 100 puede comunicar información según uno o más estándares IEEE 802.xx y protocolos asociados como, por ejemplo, estándares IEEE 802.11 para Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN, por sus siglas en inglés) incluido el estándar IEEE 802.11 (Edición 1999, Tecnología de la Información, Telecomunicaciones e Intercambio de Información entre Sistemas - Redes de Área Local y Metropolitana - Requisitos Específicos, Parte 11: Especificaciones de Control de Acceso al Medio (MAC)
- 15 WLAN y Capa Física (PHY)), su progenie y extensiones (p.ej., 802.11a/b/g/n y variantes); y estándares IEEE 802.16 para WLAN y Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN, por sus siglas en inglés), incluido el estándar IEEE 802.16 (Est. IEEE 802.16-2001 para redes de área Local y Metropolitana Parte 16: Interfaz Aérea para Sistemas de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha Fija), su progenie y extensiones (p.ej., 802.16-2004, 802.16.2-2004, 802.16d, 802.16e, 802.16f y variantes).
- 20 El sistema de comunicaciones 100 también puede admitir la comunicación según los estándares IEEE 802.xx de siguiente generación como, por ejemplo, los estándares IEEE 802.11 para WLAN incluida la extensión 802.11n para la Eficacia de Espectro Mundial (WWiSE, por sus siglas en inglés) y la extensión IEEE 802.11s para redes de Malla de Conjunto de Servicio Extendido (ESS, por sus siglas en inglés), estándares IEEE 802.15 para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN, por sus siglas en inglés), estándares IEEE 802.16 para WLAN y WMAN,
- 25 estándares IEEE 802.20 para Acceso Inalámbrico a Banda Ancha Móvil (MBWA, por sus siglas en inglés), y/o estándares IEEE 802.21 para la entrega e interoperabilidad entre redes 802 y no 802. Las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto.

30 En varias realizaciones, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender o formar parte de una red inalámbrica. En una realización, por ejemplo, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender una WLAN como, por ejemplo, una red inalámbrica de conjunto de servicio básico (BSS, por sus siglas en inglés), conjunto de servicio *ad-hoc* independiente (IBSS, por sus siglas en inglés) y/o conjunto de servicio extendido (ESS). En dicha realización, la red inalámbrica puede comunicar información según varios protocolos WLAN como, por ejemplo, los protocolos IEEE 802.11 a/b/g/n.

35 Aunque algunas realizaciones pueden describirse con el sistema de comunicaciones 100 implementado como una WLAN a los fines de la ilustración, y sin limitación, puede apreciarse que las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto. Por ejemplo, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender o implementarse como varios tipos de redes y protocolos asociados como, por ejemplo, una WMAN, WPAN, Red Inalámbrica de Área Ancha (WWAN, por sus siglas en inglés), red de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX, por sus siglas en inglés), red de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA, por sus siglas en inglés), red de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, por sus siglas en inglés), red CDMA de banda ancha (WCDMA, por sus siglas en inglés), red CDMA 2000, red CDMA/1xRTT, red CDMA Síncrona por División de Tiempo (TD-SCDMA, por sus siglas en inglés), red de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés), red TDMA Extendida (E-TDMA, por sus siglas en inglés), red de Acceso Múltiple por División Espacial (SDMA, por sus siglas en inglés), red de Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM, por sus siglas en inglés), red GSM con sistemas de Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS, por sus siglas en inglés) (GSM/GPRS, por sus siglas en inglés), red de Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución Global (EDGE, por sus siglas en inglés), red de Datos de Evolución Solamente o Datos de Evolución Optimizados (EV-DO, por sus siglas en inglés), red de Evolución para Datos y Voz (EV-DV, por sus siglas en inglés), red de Acceso por Paquete de Enlace Descendente de Alta Velocidad (HSDPA, por sus siglas en inglés), red Celular Digital de Norteamérica (NADC, por sus siglas en inglés), red de Servicio Avanzado de Telefonía Móvil de Banda Estrecha (NAMPS, por sus siglas en inglés), red de Sistema Universal de Telefonía Móvil (UMTS, por sus siglas en inglés), red de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), red de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA, por sus siglas en inglés), red de tercera generación (3G), red de cuarta generación (4G), red de malla inalámbrica, red de sensores, red celular, red de radio, red de televisión, red de satélite, Red Mundial (WWW, por sus siglas en inglés), y/o cualquier otra red de comunicaciones configurada para funcionar según las realizaciones descritas.

50

55

Como se muestra en la Figura 1, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender múltiples nodos incluidos, por ejemplo, los nodos 102-A, 102-B y 102-D. En varias realizaciones, los múltiples nodos 102-A, 102-B y 102-D pueden disponerse para comunicarse entre sí. La Figura 1 ilustra los nodos 102-A, 102-B y 102-D a los fines

ilustrativos y sin limitación. Puede apreciarse que el sistema de comunicaciones 100 puede emplear cualquier número de nodos según las realizaciones descritas.

5 En varias realizaciones, uno o más de los nodos (p.ej., nodo 102-A) pueden recibir contenido de una fuente externa que se transmitirá a otro nodo (p.ej., nodo 102-D). En dichas realizaciones, el nodo que recibe el contenido puede acoplarse a la fuente externa a través de varios tipos de medios de comunicación capaces de llevar señales de información como, por ejemplo, un enlace de comunicación cableado, enlace de comunicación inalámbrico, o una combinación de ambos, según se desee para una implementación dada. En algunos casos, el contenido puede atravesar una o más redes o dispositivos de la fuente externa a los nodos.

10 La fuente externa en general puede comprender cualquier fuente capaz de entregar contenido estático o dinámico. En una realización, por ejemplo, la fuente externa puede comprender un servidor dispuesto para entregar contenido basado en IP. En algunas implementaciones, la fuente externa puede formar parte de un sistema de distribución (DS, por sus siglas en inglés) de medios o sistema de difusión como, por ejemplo, un sistema de difusión en el aire (OTA, por sus siglas en inglés), un sistema de radiodifusión, un sistema de difusión por televisión, un sistema de difusión por satélite, y así sucesivamente. En algunas implementaciones, la fuente externa puede disponerse para
15 entregar contenido de medios en varios formatos para su uso por un dispositivo como, por ejemplo, un dispositivo de Disco Versátil Digital (DVD), un dispositivo de Sistema de Vídeo del Hogar (VHS, por sus siglas en inglés), un dispositivo VHS digital, una cámara digital, videocámara, reproductor multimedia portátil, dispositivo de juegos, etc.

Puede apreciarse que aunque algunas implementaciones pueden implicar recibir contenido de una fuente externa, las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto. Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o
20 más de los nodos (p.ej., nodo 102-A y/o nodo 102-B) pueden generar contenido que se transmitirá a otro nodo (p.ej., nodo 102-D).

El contenido que se transmitirá puede comprender, por ejemplo, varios tipos de información como, por ejemplo, información de imagen, información de audio, información de vídeo, información audio/visual (A/V), y/u otros datos. En varias realizaciones, la información puede asociarse a una o más imágenes, archivos de imagen, grupos de
25 imágenes, fotografías, fotografías digitales, archivos de música, archivos de sonido, información de voz, vídeos, videoclips, archivos de vídeo, secuencias de vídeo, imágenes de vídeo, flujos de vídeo, películas, programación de difusión, señales de televisión, páginas web, interfaces de usuario, gráficos, información textual (p.ej., claves de encriptación, números de serie, mensajes de correo electrónico, mensajes de texto, mensajes instantáneos, listas de contactos, números telefónicos, listas de tareas, entradas de calendario, hipervínculos), información numérica,
30 información alfanumérica, símbolos de caracteres, y así sucesivamente. La información también puede incluir información de comandos, información de control, información de encaminamiento, información de procesamiento, información de archivo de sistema, información de biblioteca del sistema, software (p.ej., software del sistema operativo, software del sistema de archivo, software de aplicaciones, software de juegos), firmware, una interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), programa, miniaplicación, subrutina, conjunto de
35 instrucciones, instrucción, código informático, lógica, palabras, valores, símbolos, y así sucesivamente.

En varias realizaciones, los nodos 102-A, 102-B y 102-D pueden implementarse como dispositivos inalámbricos. Ejemplos de dispositivos inalámbricos pueden incluir, sin limitación, una tarjeta inalámbrica, un punto de acceso (PA) inalámbrico, un dispositivo de cliente inalámbrico, una estación (STA) inalámbrica o fija, un sensor, nodo sensor, ordenador portátil, ordenador ultra portátil, ordenador personal (PC), ordenador portable PC, asistente digital
40 personal (PDA, por sus siglas en inglés), teléfono móvil, combinación de teléfono móvil/PDA, teléfono inteligente, localizador, dispositivo de mensajes, reproductor multimedia, reproductor de música digital, módulo de conexión (STB, por sus siglas en inglés), electrodoméstico, estación de abonado (SS, por sus siglas en inglés), estación de trabajo de estación base (BS, por sus siglas en inglés), terminal de usuario, unidad móvil, enrutador, puente, pasarela, y así sucesivamente. En algunas realizaciones, los nodos 102-A, 102-B y 102-D pueden comprender, cada uno, una o más interfaces inalámbricas y/o componentes para la comunicación inalámbrica como, por ejemplo, uno o más transmisores, receptores, transceptores, conjuntos de chip, amplificadores, filtros, lógica de control, tarjetas de interfaz de red (NIC, por sus siglas en inglés), antenas, y así sucesivamente.
45

Como se muestra en la realización de la Figura 1, por ejemplo, los nodos 102-A, 102-B y 102-D pueden comprender las antenas 104-A, 104-B y 104-D correspondientes para transmitir y/o recibir señales eléctricas. Cada una de las antenas 104-A, 104-B y 104-D puede comprender una sola antena para los nodos 102-A, 102-B y 102-D correspondientes. Puede apreciarse que la ubicación de las antenas 104-A, 104-B y 104-D para los nodos 102-A, 102-B y 102-D correspondientes puede variar según las limitaciones de rendimiento y diseño.
50

Cada una de las antenas 104-A, 104-B y 104-D puede comprender cualquier tipo de antena interna o externa apropiada. Ejemplos de una antena pueden incluir, sin limitación, una antena omnidireccional, una antena monopolo, una antena dipolo, una antena alimentada en el extremo, una antena polarizada circularmente, una antena de microcinta, una antena de diversidad, una antena de látigo, antena extensible, *stub* de antena, y así sucesivamente. En varias realizaciones, las antenas 104-A, 104-B y 104-D pueden disponerse para funcionar en una o más bandas de frecuencia.
55

En varias implementaciones, las antenas 104-A, 104-B y 104-D pueden disponerse para transmitir y recibir señales en canales inalámbricos. Como se muestra en la realización de la Figura 1, por ejemplo, el canal 106-AB puede usarse para comunicar señales de la antena 104-A del nodo 102-A a la antena 104-B del nodo 102-B. El canal 106-BA puede usarse para comunicar señales de la antena 104-B del nodo 102-B a la antena 104-A del nodo 102-A. El canal 106-AD puede usarse para comunicar señales de la antena 104-A del nodo 102-A a la antena 104-D del nodo 102-D. El canal 106-DA puede usarse para comunicar señales de la antena 104-D del nodo 102-D a la antena 104-A del nodo 102-A. El canal 106-BD puede usarse para comunicar señales de la antena 104-B del nodo 102-B a la antena 104-D del nodo 102-D. El canal 106-DB puede usarse para comunicar señales de la antena 104-D del nodo 102-D a la antena 104-B del nodo 102-B.

Cada canal inalámbrico puede comprender, por ejemplo, un trayecto o conexión entre antenas particulares y/o nodos implementados por recursos dedicados o ancho de banda de un enlace inalámbrico físico. En varias realizaciones, algunos canales entre nodos comunes pueden comprender canales recíprocos. Por ejemplo, los canales 106-AB y 106-BA pueden comprender canales recíprocos de modo que las ganancias de canal entre la antena 104-B del nodo 102-B a la antena 104-A del nodo 102-A y la antena 104-A del nodo 102-A a la antena 104-B del nodo 102-B se suponen idénticas.

En varias realizaciones, los nodos 102-A, 102-B y 102-D pueden implementarse como una red inalámbrica colaborativa o distribuida (p.ej., WLAN) en la cual múltiples dispositivos inalámbricos independientes pueden coordinarse entre sí para actuar como un grupo de antenas inteligentes o virtuales y comunicarse, de forma cooperativa, con otro dispositivo inalámbrico. En varias implementaciones, uno o más de los dispositivos cooperativos pueden recibir un paquete de una fuente y retransmitir el paquete simultáneamente a un dispositivo inalámbrico receptor fuera del rango de la fuente.

Las cadenas de transmisión y recepción de los dispositivos cooperativos pueden calibrarse para permitir la recepción coherente en el dispositivo receptor. La calibración puede llevarse a cabo según un conocimiento de canal efectivo adquirido por el sonido de los canales efectivos entre los dispositivos cooperativos y el dispositivo receptor. El canal efectivo puede comprender, por ejemplo, el resultado total de la ganancia de la cadena de transmisores combinado con el de la ganancia entre las antenas de dos nodos combinados con la ganancia de la cadena de recepción. Mediante la calibración de las cadenas de transmisión y recepción de los dispositivos inalámbricos cooperativos, pueden lograrse ganancias significativas cuando se comunican con el dispositivo receptor. En particular, el dispositivo receptor puede realizar la ganancia de conformación de haz y una SNR mejorada. Además, el rango de la fuente puede aumentarse mediante ajustes de fase según el conocimiento del canal.

En varias realizaciones, para llevar a cabo la conformación de haz distribuida y comunicarse, de forma cooperativa, con un dispositivo receptor particular, los dispositivos de transmisión cooperativos pueden adquirir conocimiento de canal efectivo de los canales entre ellos y el dispositivo receptor. En dichas realizaciones, los dispositivos de transmisión pueden disponerse para intercambiar mensajes como, por ejemplo, tramas de sonido para el sonido de los canales efectivos entre sí y para el sonido de los canales efectivos entre los dispositivos de transmisión y el dispositivo receptor. Mediante el sonido de los canales efectivos, los dispositivos de transmisión cooperativos pueden aprender o adquirir un conocimiento de canal efectivo y luego premultiplicar las transmisiones al dispositivo receptor por un escalar o factor de ponderación que es una función de uno o más canales efectivos adquiridos. En dichas realizaciones, el dispositivo receptor puede realizar la ganancia de conformación de haz y la SNR mejorada.

A los fines de la ilustración, y sin limitación, una realización a modo de ejemplo se describirá con referencia a la Figura 1. En la presente realización, los nodos 102-A, 102-B y 102-D pueden admitir la conformación de haz distribuida de modo que los nodos 102-A y 102-B pueden actuar como un grupo de antenas virtuales (p.ej., antenas 104-A y 104-B) y coordinarse entre sí para comunicarse, de forma cooperativa, con el nodo 102-D. En algunos casos, los nodos 102-A y 102-B pueden coordinarse entre sí durante la asociación y acordar admitir la conformación de haz distribuida cuando se comunican con el nodo 102-D.

Con el fin de llevar a cabo la conformación de haz distribuida y comunicarse, de forma cooperativa, con el nodo 102-D, los nodos 102-A y 102-B pueden disponerse para adquirir conocimiento de canal efectivo de los canales entre sí y el nodo 102-D. En la presente realización, mediante el sonido de los canales efectivos, los nodos 102-A y 102-B pueden aprender o adquirir conocimiento de canal efectivo de los canales 106-AB, 106-BA, 106-DA y 106-DB.

Los nodos 102-A y 102-B pueden disponerse para el sonido de los canales efectivos entre sí y el nodo receptor 102-D mediante la transmisión y/o recepción de tramas de sonido. Las tramas de sonido pueden incluir información independiente que se transmitirá por cada una de las antenas 104-A, 104-B y 104-D. En varias realizaciones, las tramas de sonido pueden comprender, por ejemplo, secuencias de entrenamiento (p.ej., secuencias largas de entrenamiento) implementadas por una trama de sonido MAC u otra unidad de datos de protocolo PHY de sonido (PPDU, por sus siglas en inglés). Aunque algunas realizaciones pueden describirse como unas que emplean tramas en aras de la ilustración, y sin limitación, puede apreciarse que las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto. Por ejemplo, las realizaciones descritas son aplicables a varios tipos de contenido o formatos de comunicación como, por ejemplo, tramas, paquetes, fragmentos, segmentos, células, unidades y así sucesivamente.

Los nodos 102-A y 102-B pueden disponerse para obtener el conocimiento de canal efectivo de los canales entre sí y el nodo receptor 102-D según las tramas de sonido. En la presente realización, el nodo 102-B puede adquirir el conocimiento de canal efectivo del canal 106-AB según una trama de sonido enviada de la antena 104-A del nodo 102-A a la antena 104-B del nodo 102-B. El nodo 102-A puede adquirir el conocimiento de canal efectivo del canal 106-BA según una trama de sonido enviada de la antena 104-B del nodo 102-B a la antena 104-A del nodo 102-A.

El nodo 102-A puede adquirir el conocimiento de canal efectivo del canal 106-DA según una trama de sonido enviada de la antena 104-D del nodo 102-D a la antena 104-A del nodo 102-A. El nodo 102-B puede adquirir el conocimiento de canal efectivo del canal efectivo 106-DB según una trama de sonido enviada de la antena 104-D del nodo 102-D a la antena 104-B del nodo 102-B. En el presente ejemplo, el nodo 102-D puede transmitir una trama de sonido simultáneamente a los nodos 102-A y 102-B. Como tal, el conocimiento de canal efectivo para los canales 106-AB, 106-BA, 106-DA y 106-DB puede obtenerse con una sobrecarga total de tres tramas de sonido.

En varias implementaciones, el conocimiento de canal efectivo puede basarse en la suposición de reciprocidad de canal entre algunos nodos. Según el principio de reciprocidad de canal, las características del canal en la dirección de un nodo de transmisión al nodo de recepción pueden ser iguales a las características del canal en la dirección del nodo de recepción al nodo de transmisión. Por ejemplo, suponiendo que el canal 106-AB es recíproco con el canal 106-BA, los nodos 102-A y 102-B pueden intercambiar tramas de sonido que se usan para adquirir el conocimiento de canal efectivo para los canales 106-AB y 106-BA. En el presente ejemplo, el canal 106-AB de la antena 104-A del nodo 102-A a la antena 104-B del nodo 102-B puede denotarse como H_{AB} . El canal 106-BA de la antena 104-B del nodo 102-B a la antena 104-A del nodo 102-A puede denotarse como H_{BA} . Suponiendo que los canales inalámbricos en el aire 106-AB y 106-BA son recíprocos y suponiendo una sincronización perfecta de tiempo y frecuencia entre los nodos 102-A y 102-B, se desprende que $H_{AB} = H_{BA}$.

Debido al hecho de que cada una de las antenas normalmente tiene una cadena de recepción y transmisión diferente, el conocimiento de canal efectivo obtenido para un canal particular entre nodos puede comprender el conocimiento total que modela la cadena de transmisión y la cadena de recepción para cada canal efectivo. Por ejemplo, el conocimiento de canal efectivo obtenido para el canal 106-AB (H_{AB}) entre los nodos 102-A y 102-B puede verse en la capa de procesamiento de señal como $\beta_B H_{AB} \alpha_A$, donde α_A es un número complejo que modela los efectos de la cadena de transmisión del nodo 102-A, y β_B es un número complejo que modela los efectos de la cadena de recepción del nodo 102-B. El conocimiento de canal efectivo obtenido para el canal 106-BA (H_{BA}) entre los nodos 102-B y 102-A puede verse en la capa de procesamiento de señal como $\beta_A H_{BA} \alpha_B$, donde α_B es un número complejo que modela los efectos de la cadena de transmisión del nodo 102-B, y β_A es un número complejo que modela los efectos de la cadena de recepción del nodo 102-A. En general, $\beta_B H_{AB} \alpha_A \neq \beta_A H_{BA} \alpha_B$.

El conocimiento de canal efectivo obtenido para el canal 106-DA (H_{DA}) entre los nodos 102-D y 102-A puede verse como $\beta_A H_{DA} \alpha_D$ en la capa de procesamiento de señal, donde α_D es un número complejo que modela los efectos de la cadena de transmisión del nodo 102-D, y β_A es un número complejo que modela los efectos de la cadena de recepción del nodo 102-A. El conocimiento de canal efectivo obtenido para el canal 106-DB (H_{DB}) entre los nodos 102-D y 102-B puede verse en la capa de procesamiento de señal como $\beta_B H_{DB} \alpha_D$, donde α_D es un número complejo que modela los efectos de la cadena de transmisión del nodo 102-D, y β_B es un número complejo que modela los efectos de la cadena de recepción del nodo 102-B.

Después de adquirir el conocimiento de canal efectivo, las cadenas de recepción y transmisión de los nodos 102-A y 102-B pueden calibrarse según el conocimiento de canal efectivo para permitir la recepción coherente en el nodo 102-D. En la presente realización, los nodos 102-A y 102-B pueden calibrarse mediante la premultiplicación de transmisiones al nodo 102-D por un escalar o factor de ponderación que es una función del conocimiento de canal efectivo adquirido. En varias implementaciones, un escalar o factor de ponderación pueden aplicarse a uno o más símbolos transmitidos al nodo 102-D.

En particular, si los nodos 102-A y 102-B desean enviar, de forma cooperativa, el símbolo (s) al nodo 102-D, el nodo 102-A puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* / |\beta_A H_{BA} \alpha_B \beta_A H_{DA} \alpha_D|$, donde el asterisco denota conjugación compleja. Asimismo, el nodo 102-B puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* / |\beta_B H_{AB} \alpha_A \beta_B H_{DB} \alpha_D|$.

De ello se desprende que la transmisión al nodo 102-D del nodo 102-A es: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* s / |\beta_A H_{BA} \alpha_B \beta_A H_{DA} \alpha_D|$, y la transmisión al nodo 102-D del nodo 102-B es: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* s / |\beta_B H_{AB} \alpha_A \beta_B H_{DB} \alpha_D|$.

Se descubre entonces que la señal recibida en el nodo 102-D es:

$$\left(\frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DA}|}{|\alpha_B \alpha_D^* H_{AB}|} + \frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DB}|}{|\alpha_A \alpha_D^* H_{AB}|} \right) s,$$

donde, mediante la reciprocidad de canal, ambos términos en los paréntesis tienen la misma fase y, por lo tanto, suman de forma coherente para proveer una ganancia de conformación de haz en el nodo 102-D.

En algunas realizaciones, si los nodos 102-A y 102-B desean enviar, de forma cooperativa, el símbolo (s) al nodo 102-D, el nodo 102-A puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^*$ donde el asterisco denota conjugación compleja. Asimismo, el nodo 102-B puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^*$.

5 En algunas realizaciones, si los nodos 102-A y 102-B desean enviar, de forma cooperativa, el símbolo (s) al nodo 102-D, el nodo 102-A puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* / N_1$ donde el asterisco denota conjugación compleja y N_1 es un factor de normalización de valor real. Asimismo, el nodo 102-B puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* / N_2$ y N_2 es una constante de normalización de valor real.

10 En algunas realizaciones, el nodo 102-D puede disponerse para adquirir el conocimiento de canal efectivo de los canales 106-AD y 106-BD y aprender $\beta_D H_{AD} \alpha_A$ y $\beta_D H_{BD} \alpha_B$. Puede apreciarse que dicho conocimiento de canal efectivo puede adquirirse sin coste de sobrecarga adicional. En dichas realizaciones, dos nodos tendrían toda la información necesaria para calibrarse a ellos mismos y para llevar a cabo la conformación de haz distribuida para un tercer nodo.

15 Como se muestra en la Figura 1, las antenas 104-A, 104-B y 104-D pueden acoplarse, de forma lógica, a los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D correspondientes. En varias realizaciones, los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D pueden comprender o implementarse por uno o más chips o circuitos integrados (CI). En algunas realizaciones, los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D pueden comprender o implementarse por transceptores inalámbricos dispuestos para comunicarse en una o más
20 frecuencias según uno o más protocolos inalámbricos.

En varias realizaciones, los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D pueden disponerse para llevar a cabo una o más funciones para permitir a los nodos 102-A, 102-B y 102-D admitir la conformación de haz distribuida. Como se ilustra, los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D para los nodos 102-A, 102-B y 102-D correspondientes pueden ilustrarse y describirse como unos que comprenden varios módulos y/o
25 componentes funcionales separados. En varias implementaciones, los componentes y/o módulos pueden conectarse y/o acoplarse de forma lógica por uno o más medios de comunicación como, por ejemplo, medios de comunicación cableados, medios de comunicación inalámbricos, o una combinación de ambos, según se desee para una implementación dada. Aunque se describen en términos de componentes y/o módulos para facilitar la descripción, se apreciará que dichos componentes y/o módulos pueden implementarse por uno o más componentes de
30 hardware, componentes de software y/o una combinación de ellos.

Los módulos pueden implementarse, por ejemplo, por varios dispositivos lógicos y/o una lógica que comprenden instrucciones, datos y/o códigos que se ejecutarán por un dispositivo lógico. Ejemplos de un dispositivo lógico incluyen, sin limitación, una unidad de procesamiento central (CPU, por sus siglas en inglés), microcontrolador, microprocesador, procesador de propósito general, procesador dedicado, multiprocesador en chip (CMP, por sus
35 sigla en inglés), procesador de medios, procesador de señal digital (DSP, por sus siglas en inglés), procesador de red, coprocesador, procesador de entrada/salida (E/S), circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC, por sus siglas en inglés), matriz de puertas programable por campo (FPGA, por sus siglas en inglés), dispositivo lógico programable (PLD, por sus siglas en inglés), y así sucesivamente. En varias implementaciones, uno o más de los módulos pueden incluir uno o más núcleos de procesamiento dispuestos para ejecutar una lógica digital y/o proveer
40 múltiples hilos de ejecución. Los módulos también pueden comprender memoria implementada por uno o más tipos de medios de almacenamiento legibles por ordenador como, por ejemplo, memoria no permanente o memoria permanente, memoria removible o no removible, memoria borrrable o no borrrable, memoria escribible o reescribible, y así sucesivamente.

Como se muestra en la realización de la Figura 1, cada uno de los nodos 102-A, 102-B y 102-D puede comprender
45 módulos de procesamiento de señal correspondientes dispuestos para llevar a cabo varias técnicas de procesamiento de señal para admitir la conformación de haz distribuida. En la presente realización, el nodo 102-A puede comprender el módulo de sonido de canal 110-A, módulo de medición de canal 112-A y módulo de calibración 114-A correspondientes. El nodo 102-B puede comprender el módulo de sonido de canal 110-B, módulo de medición de canal 112-B y módulo de calibración 114-B correspondientes. El nodo 102-D puede comprender el módulo de
50 sonido de canal 110-D, módulo de medición de canal 112-D y módulo de calibración 114-D correspondientes.

En varias implementaciones, los módulos de sonido de canal 110-A, 110-B y 110-D pueden disponerse para permitir que los nodos 102-A, 102-B y 102-D correspondientes transmitan y/o reciban una o más tramas de sonido. Los módulos de medición de canal 112-A, 112-B y 112-D pueden disponerse para permitir que los nodos 102-A, 102-B y 102-D correspondientes obtengan conocimiento de canal efectivo según las tramas de sonido. Los módulos de calibración 114-A, 114-B y 114-D pueden disponerse para permitir que los nodos 102-A, 102-B y 102-D correspondientes premultipliquen transmisiones por un escalar o factor de ponderación que es una función del conocimiento de canal efectivo. En varias realizaciones, los módulos de calibración 114-A, 114-B y 114-D pueden disponerse para calcular y aplicar escalares o factores de ponderación a uno o más símbolos transmitidos.
55

Aunque la realización de la Figura 1 muestra módulos idénticos configurados en cada nodo a los fines de la ilustración, las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto. Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más nodos (p.ej., nodo 102-D) pueden no configurarse con ciertos módulos (p.ej., módulo de medición de canal 112-D, módulo de calibración 114-D). Además, mientras la Figura 1 puede ilustrar los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D como unos que comprenden módulos separados, cada uno llevando a cabo varias funciones, puede apreciarse que en algunas realizaciones, las funciones llevadas a cabo por varios módulos pueden combinarse y/o separarse para una implementación dada y pueden llevarse a cabo por un número mayor o menor de módulos.

En varias implementaciones, los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D pueden disponerse para llevar a cabo funciones adicionales para admitir la comunicación inalámbrica entre nodos 102-A, 102-B y 102-D. Dichas funciones pueden incluir, por ejemplo, funciones de codificación/descodificación como, por ejemplo, la corrección de errores en recepción (FEC, por sus siglas en inglés), o codificación/descodificación convolucional, funciones de conversión como, por ejemplo, conversión ascendente, conversión descendente, conversión de dominio de tiempo a frecuencia, conversión de dominio de frecuencia a tiempo, conversión analógica-digital (ADC, por sus siglas en inglés), y/o conversión digital-analógica (DAC, por sus siglas en inglés), funciones de modulación/demodulación, funciones de mapeo/desmapeo, funciones de corrección de errores, funciones de procesamiento de banda base, funciones de filtrado, funciones de amplificación, funciones de seguridad (p.ej., autenticación, encriptación/descriptación), y así sucesivamente. En dichas implementaciones, los circuitos de procesamiento de señal 108-A, 108-B y 108-D pueden comprender hardware y/o software apropiados para llevar a cabo dichas funciones. Las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto.

En varias implementaciones, las realizaciones descritas pueden proveer sistemas y técnicas para calibrar cadenas de transmisión y recepción que requieren un intercambio mínimo de información (p.ej., información de sonido) y muy poca sobrecarga de daño. En particular, no es necesario realimentar las mediciones de canal cuantificadas. Las realizaciones descritas, por consiguiente, pueden admitir la conformación de haz sin requerir que los dispositivos inalámbricos transmitan información de estado de canal cuantificada entre sí para que la calibración se lleve a cabo. Como tales, las realizaciones descritas pueden tener una sobrecarga baja apropiada para la implementación en una variedad de aplicaciones como, por ejemplo, redes de sensor, fusión de sensores, comunicación cooperativa/distribuida, computación distribuida, compresión distribuida, interfuncionamiento distribuido, y así sucesivamente.

Las funciones para varias realizaciones pueden además describirse con referencia a las siguientes figuras y ejemplos anexos. Algunas de las figuras pueden incluir un flujo lógico. Puede apreciarse que un flujo lógico ilustrado meramente provee un ejemplo de cómo puede implementarse la funcionalidad descrita. Además, un flujo lógico dado no tiene necesariamente que ejecutarse en el orden presentado a menos que se indique lo contrario. Además, un flujo lógico puede implementarse por un elemento de hardware, un elemento de software ejecutado por un procesador, o cualquier combinación de ellos. Las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto.

La Figura 2 ilustra una realización de un flujo lógico 200 para la conformación de haz distribuida. En varias realizaciones, el flujo lógico 200 puede llevarse a cabo mediante varios sistemas, nodos y/o módulos y puede implementarse como hardware, software y/o cualquier combinación de ellos, según se desee para un conjunto dado de parámetros de diseño o limitaciones de rendimiento. Por ejemplo, el flujo lógico 200 puede implementarse por un dispositivo lógico (p.ej., nodo transmisor, nodo receptor) y/o una lógica (p.ej., lógica de conformación de haz distribuida) que comprenden instrucciones, datos y/o códigos que se ejecutarán por un dispositivo lógico. A los fines de la ilustración, y sin limitación, un flujo lógico 200 se describe con referencia a la Figura 1. Las realizaciones no se encuentran limitadas en el presente contexto.

El flujo lógico 200 puede comprender sonido de canales efectivos entre nodos transmisores (bloque 202). En varias realizaciones, los nodos 102-A y 102-B pueden hacer sonar el canal efectivo del otro durante una primera fase. En el presente ejemplo, el canal 106-AB de la antena 104-A del nodo 102-A a la antena 104-B del nodo 102-B puede denotarse como H_{AB} . El canal 106-BA de la antena 104-B del nodo 102-B a la antena 104-A del nodo 102-A puede denotarse como H_{BA} . Como resultado, el nodo 102-A aprende o adquiere el canal efectivo $\beta_A H_{BA} \alpha_B$ del nodo 102-B al nodo 102-A, y el nodo 102-B aprende o adquiere el canal efectivo $\beta_B H_{AB} \alpha_A$ del nodo 102-A al nodo 102-B. En general, $\beta_B H_{AB} \alpha_A \neq \beta_A H_{BA} \alpha_B$. En varias implementaciones, la adquisición del conocimiento de canal efectivo para los canales 106-AB (H_{AB}) y 106-BA (H_{BA}) puede requerir dos tramas de sonido.

El flujo lógico 200 puede comprender sonido de canales efectivos entre nodos transmisores y un nodo receptor (bloque 204). En varias realizaciones, el nodo 102-D puede enviar un paquete de sonido simultáneamente al nodo 102-A y al nodo 102-B durante una segunda fase. Como resultado, los nodos transmisores 102-A y 102-B aprenden o adquieren los canales efectivos adicionales $\beta_A H_{DA} \alpha_D$ del nodo 102-D al nodo 102-A, y $\beta_B H_{DB} \alpha_D$ del nodo 102-D al nodo 102-B. En varias implementaciones, la adquisición del conocimiento de canal efectivo durante esta fase requiere una transmisión para una sobrecarga total de tres tramas de sonido durante la primera y segunda fases.

El flujo lógico 200 puede comprender la comunicación cooperativa entre nodos transmisores y un nodo receptor (bloque 206). En varias realizaciones, los nodos 102-A y 102-B pueden comunicarse, de forma colaborativa, con el nodo 102-D durante una tercera fase. Ello puede lograrse mediante la premultiplicación de transmisiones de los nodos 102-A y 102-B por escalares que son una función del conocimiento de canal efectivo ganado en la primera y segunda fases.

En particular, si los nodos 102-A y 102-B desean enviar, de forma cooperativa, el símbolo (s) al nodo 102-D, el nodo 102-A puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* / |\beta_A H_{BA} \alpha_B \beta_A H_{DA} \alpha_D|$, donde el asterisco denota conjugación compleja. Asimismo, el nodo 102-B puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* / |\beta_B H_{AB} \alpha_A \beta_B H_{DB} \alpha_D|$.

De ello se desprende que la transmisión al nodo 102-D del nodo 102-A es: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* s / |\beta_A H_{BA} \alpha_B \beta_A H_{DA} \alpha_D|$, y la transmisión al nodo 102-D del nodo 102-B es: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* s / |\beta_B H_{AB} \alpha_A \beta_B H_{DB} \alpha_D|$.

Se descubre entonces que la señal recibida en el nodo 102-D es:

$$\left(\frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DA}|}{|\alpha_B \alpha_D^* H_{AB}|} + \frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DB}|}{|\alpha_A \alpha_D^* H_{AB}|} \right) s$$

donde, mediante la reciprocidad de canal, ambos términos en los paréntesis tienen la misma fase y, por lo tanto, suman de forma coherente para proveer una ganancia de conformación de haz en el nodo 102-D.

En algunas realizaciones, si los nodos 102-A y 102-B desean enviar, de forma cooperativa, el símbolo (s) al nodo 102-D, el nodo 102-A puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^*$ donde el asterisco denota conjugación compleja. Asimismo, el nodo 102-B puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^*$.

En algunas realizaciones, si los nodos 102-A y 102-B desean enviar, de forma cooperativa, el símbolo (s) al nodo 102-D, el nodo 102-A puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* / N_1$ donde el asterisco denota conjugación compleja y N_1 es un factor de normalización de valor real. Asimismo, el nodo 102-B puede premultiplicar su transmisión por el escalar complejo: $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* / N_2$ y N_2 es una constante de normalización de valor real.

La Figura 3 ilustra una realización de un artículo de fabricación 300. Como se muestra, el artículo 300 puede comprender un medio de almacenamiento 302 para almacenar lógica de conformación de haz distribuida 304 para llevar a cabo varias funciones según las realizaciones descritas. En varias realizaciones, el artículo 300 puede implementarse por varios sistemas, nodos y/o módulos.

El artículo 300 y/o medio de almacenamiento legible por máquina 302 pueden incluir uno o más tipos de medios de almacenamiento legibles por ordenador capaces de almacenar datos, incluida una memoria no permanente o memoria permanente, memoria removible o no removible, memoria borrable o no borrable, memoria escribible o reescribible, y así sucesivamente. Ejemplos de un medio de almacenamiento legible por máquina pueden incluir, sin limitación, memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés), RAM dinámica (DRAM, por sus siglas en inglés), DRAM de doble velocidad de datos (DDRAM, por sus siglas en inglés), DRAM síncrona (SDRAM, por sus siglas en inglés), RAM estática (SRAM, por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés), ROM programable (PROM, por sus siglas en inglés), ROM programable borrable (EPROM, por sus siglas en inglés), ROM programable eléctricamente borrable (EEPROM, por sus siglas en inglés), ROM de Disco Compacto (CD-ROM, por sus siglas en inglés), Disco Compacto Grabable (CD-R, por sus siglas en inglés), Disco Compacto Reescribible (CD-RW, por sus siglas en inglés), memoria flash (p.ej., memoria flash NOR o NAND), memoria de contenido direccionable (CAM, por sus siglas en inglés), memoria de polímero (p.ej., memoria de polímero ferroeléctrico), memoria de cambio de fase (p.ej., memoria ovónica), memoria ferroeléctrica, memoria de silicio-óxido-nitrato-óxido-silicio (SONOS, por sus siglas en inglés), disco (p.ej., disco flexible, disco duro, disco óptico, disco magnético, disco magneto-óptico), o tarjeta (p.ej., tarjeta magnética, tarjeta óptica), cinta, casete, o cualquier otro tipo de medio de almacenamiento legible por ordenador apropiado para almacenar información. Además, cualquier medio implicado en la descarga o transferencia de un programa de ordenador de un ordenador remoto a un ordenador solicitante transportado por señales de datos incorporadas en una onda portadora u otro medio de propagación a través de un enlace de comunicación (p.ej., un módem, radio o conexión de red) se considera un medio de almacenamiento legible por ordenador.

El artículo 300 y/o medio de almacenamiento legible por máquina 302 pueden almacenar lógica de conformación de haz distribuida 304 que comprende instrucciones, datos y/o códigos que, si se ejecutan por una máquina, pueden hacer que la máquina lleve a cabo un método y/o funciones según las realizaciones descritas. Dicha máquina puede incluir, por ejemplo, cualquier plataforma de procesamiento apropiada, plataforma informática, dispositivo informático, dispositivo de procesamiento, sistema informático, sistema de procesamiento, ordenador, procesador, o similares, y puede implementarse mediante el uso de cualquier combinación apropiada de hardware y/o software.

- La lógica de conformación de haz distribuida 304 puede comprender, o implementarse como, software, un módulo de software, una aplicación, un programa, una subrutina, instrucciones, un conjunto de instrucciones, código informático, palabras, valores, símbolos o una combinación de ellos. Las instrucciones pueden incluir cualquier tipo apropiado de código como, por ejemplo, código fuente, código compilado, código interpretado, código ejecutable, código estático, código dinámico, y similares. Las instrucciones pueden implementarse según un lenguaje, manera o sintaxis de ordenador predefinidos, para ordenar a un procesador que lleve a cabo cierta función. Las instrucciones pueden implementarse mediante el uso de cualquier lenguaje de programación de nivel alto, nivel bajo, orientado al objeto, visual, compilado y/o interpretado como, por ejemplo, C, C++, Java, BASIC, Perl, Matlab, Pascal, Visual BASIC, lenguaje de ensamblaje, código de máquina, y así sucesivamente.
- 5
- 10 Numerosos detalles específicos se han establecido en la presente memoria para proveer un entendimiento exhaustivo de las realizaciones. Sin embargo, las personas con experiencia en la técnica comprenderán que se pueden practicar las realizaciones sin dichos detalles específicos. En otras instancias, las funciones, componentes y circuitos conocidos no se han descrito en detalle con el fin de no oscurecer las realizaciones. Puede apreciarse que los detalles estructurales y funcionales específicos descritos en la presente memoria pueden ser representativos y
- 15 no necesariamente limitan el alcance de las realizaciones.
- A menos que se establezca específicamente lo contrario, puede apreciarse que términos como, por ejemplo, "que procesa(n)", "que computa(n)", "que calcula(n)", "que determina(n)", o similares, se refieren a la acción y/o procesos de un ordenador o sistema informático, o dispositivo informático electrónico similar, que manipula y/o transforma datos representados como cantidades físicas (p.ej., electrónicas) dentro de registros y/o memorias de sistemas informáticos en otros datos similarmente representados como cantidades físicas dentro de las memorias del sistema informático, registros u otro almacenamiento de información, transmisión o dispositivos de visualización.
- 20
- También cabe mencionar que cualquier referencia a "una realización" significa que una característica o estructura particular descrita en conexión con la realización se incluye en al menos una realización. Por consiguiente, las apariciones de la frase "en una realización" en varios lugares a lo largo de la memoria descriptiva no se refieren necesariamente todas a la misma realización. Además, las características o estructuras particulares pueden combinarse en cualquier manera apropiada en una o más realizaciones.
- 25
- Algunas realizaciones pueden describirse mediante el uso de la expresión "acoplado/a(s)" y "conectado/a(s)" junto con sus derivados. Se debe comprender que dichos términos no pretenden ser sinónimos entre sí. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden describirse mediante el uso del término "conectado/a(s)" para indicar que dos o más elementos están en contacto físico o eléctrico directo entre sí. En otro ejemplo, algunas realizaciones pueden describirse mediante el uso del término "acoplado/a(s)" para indicar que dos o más elementos están en contacto físico o eléctrico directo. El término "acoplado/a(s)", sin embargo, puede significar también que dos o más elementos no están en contacto directo entre sí, pero aún colaboran o interactúan entre sí.
- 30
- Mientras ciertas características de las realizaciones se han ilustrado como se describe en la presente memoria, muchas modificaciones, sustituciones, cambios y equivalentes se les ocurrirán ahora a las personas con experiencia en la técnica. Se comprenderá, por lo tanto, que las reivindicaciones anexas pretenden cubrir todas dichas modificaciones y cambios.
- 35

40

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que comprende:

un primer nodo transmisor (102-A) dispuesto para cooperar con un segundo nodo transmisor (102-B) para la conformación de haz distribuida y comunicarse, de forma cooperativa, con un nodo receptor (102-D) en donde

5 el primer nodo transmisor se configura para adquirir conocimiento de canal efectivo de: canales (106-AB, 106-BA) entre el primer y segundo nodos transmisores (102-A, 102-B); un canal (106-DA) entre el nodo receptor (102-D) y el primer nodo transmisor (102-A); y un canal (106-DB) entre el nodo receptor (102-D) y el segundo nodo transmisor (102-B) mediante el uso de tres tramas de sonido y calibrar cadenas de transmisión y recepción del primer y segundo nodos transmisores según el conocimiento de canal efectivo en donde el primer nodo transmisor (102-A),
10 segundo nodo transmisor (102-B) y nodo receptor (102-D) comprenden dispositivos inalámbricos independientes.

2. El aparato de la reivindicación 1, el primer nodo transmisor (102-A) para enviar una trama de sonido al segundo nodo transmisor (102-B); o

el primer nodo transmisor (102-A) para recibir una trama de sonido del segundo nodo transmisor (102-B); o

15 en donde al menos uno del primer nodo transmisor (102-A) y segundo nodo transmisor (102-B) se dispone para recibir una trama de sonido del nodo receptor (102-D); o

el primer y segundo nodos transmisores (102-A, 102-B) para premultiplicar transmisiones al nodo receptor (102-D) por un escalar según el conocimiento de canal efectivo adquirido; o

el nodo receptor (102-D) para realizar una o más de la ganancia de conformación de haz y una relación señal/ruido mejorada;

20 el nodo receptor (102-D) para adquirir conocimiento de canal efectivo de canales del primer y segundo nodos transmisores.

3. El aparato de la reivindicación 1, en donde:

25 el conocimiento de canal efectivo para el canal H_{AB} entre el primer nodo transmisor (102-A) y el segundo nodo transmisor (102-B) comprende $\beta_B H_{AB} \alpha_A$, donde α_A modela la cadena de transmisión del primer nodo transmisor y β_B modela la cadena de recepción del segundo nodo transmisor; y

el conocimiento de canal efectivo para el canal H_{BA} entre el segundo nodo transmisor (102-D) y el primer nodo transmisor (102-A) comprende $\beta_A H_{BA} \alpha_B$, donde α_B modela la cadena de transmisión del segundo nodo transmisor y β_A modela la cadena de recepción del primer nodo transmisor.

4. El aparato de la reivindicación 3, en donde:

30 el conocimiento de canal efectivo para el canal H_{DA} entre el nodo receptor (102-D) y el primer nodo transmisor (102-A) comprende $\beta_A H_{DA} \alpha_D$, y el conocimiento de canal efectivo para el canal H_{DB} entre el nodo receptor (102-D) y el segundo nodo transmisor (102-B) comprende $\beta_B H_{DB} \alpha_D$, donde α_D modela la cadena de transmisión del nodo receptor (102-D).

5. El aparato de la reivindicación 4,

35 el primer nodo transmisor (102-A) para premultiplicar una transmisión por un escalar complejo $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^*$, y el segundo nodo transmisor (102-B) para premultiplicar la transmisión por un escalar complejo $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^*$, donde el (*) denota conjugación compleja; o

40 el primer nodo transmisor (102-A) para premultiplicar una transmisión por un escalar complejo $\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^*/N_1$, y el segundo nodo transmisor (102-B) para premultiplicar la transmisión por un escalar complejo $\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^*/N_2$, donde el (*) denota conjugación compleja, N_1 comprende un factor de normalización de valor real, y N_2 comprende una constante de normalización de valor real; o

en donde un símbolo (s) transmitido recibido en el nodo receptor comprende:

$$\left(\frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DA}|}{|\alpha_B \alpha_D^* H_{AB}|} + \frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DB}|}{|\alpha_A \alpha_D^* H_{AB}|} \right) s$$

6. Un sistema (100) que comprende:

un aparato según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes y un nodo fuente acoplado al primer nodo transmisor (102-A) a través de un medio de comunicación para entregar un paquete para la entrega al nodo receptor (102-D), en donde el primer nodo transmisor, segundo nodo transmisor, nodo receptor y nodo fuente comprenden dispositivos inalámbricos independientes.

5 7. El sistema de la reivindicación 6, en donde el nodo receptor (102-D) no se encuentra en el rango del nodo fuente, de manera opcional,

en donde el rango del nodo fuente aumenta por ajustes de fase según el conocimiento del canal.

8. Un método que comprende:

10 el sonido (202) de canales efectivos entre nodos transmisores (102-A, 102-B) mediante el uso de una primera trama de sonido para adquirir conocimiento de canal efectivo de canales (106-AB, 106-BA) entre los nodos transmisores;

el sonido (204) de canales efectivos entre cada uno de los nodos transmisores y un nodo receptor (102-D) mediante el uso de la segunda y tercera tramas de sonido para adquirir conocimiento de canal efectivo de canales (106-DA, 102-DB) entre cada uno de los nodos transmisores y el nodo receptor;

15 para la conformación de haz distribuida y comunicación colaborativa, (206) entre los nodos transmisores y el nodo receptor, en donde los nodos transmisores y el nodo receptor comprenden dispositivos inalámbricos independientes.

9. El método de la reivindicación 8, que además comprende calibrar cadenas de transmisión y recepción de los nodos transmisores (102-A, 102-B) según el conocimiento de canal efectivo adquirido; o

que además comprende premultiplicar transmisiones de los nodos transmisores al nodo receptor (102-D) por un escalar según el conocimiento de canal efectivo adquirido.

20 10. El método de la reivindicación 8, que además comprende:

adquirir conocimiento de canal para el canal H_{AB} entre el primer nodo transmisor (102-A) y el segundo nodo transmisor (102-B) comprende $\beta_B H_{AB} \alpha_A$, donde α_A modela la cadena de transmisión del primer nodo transmisor y β_B modela la cadena de recepción del segundo nodo transmisor; y

25 adquirir conocimiento de canal efectivo para el canal H_{BA} entre el segundo nodo transmisor y el primer nodo transmisor comprende $\beta_A H_{BA} \alpha_B$, donde α_B modela la cadena de transmisión del segundo nodo transmisor y β_A modela la cadena de recepción del primer nodo transmisor.

11. El método de la reivindicación 10, que además comprende:

30 adquirir conocimiento de canal efectivo para el canal H_{DA} entre el nodo receptor (102-D) y el primer nodo transmisor (102-A) comprende $\beta_A H_{DA} \alpha_D$, y el conocimiento de canal efectivo para el canal H_{DB} entre el nodo receptor (102-D) y el segundo nodo transmisor (102-A) comprende $\beta_B H_{DB} \alpha_D$, donde α_D modela la cadena de transmisión del nodo receptor.

12. El método de la reivindicación 11, que además comprende:

transmitir un símbolo (s) del primer nodo transmisor (102-A) que comprende:

$$\beta_A H_{BA} \alpha_B (\beta_A H_{DA} \alpha_D)^* s / |\beta_A H_{BA} \alpha_B \beta_A H_{DA} \alpha_D| \text{ y}$$

35 transmitir el símbolo (s) del segundo nodo transmisor (102-B) que comprende:

$$\beta_B H_{AB} \alpha_A (\beta_B H_{DB} \alpha_D)^* s / |\beta_B H_{AB} \alpha_A \beta_B H_{DB} \alpha_D|; \text{ de manera opcional,}$$

que además comprende recibir el símbolo (s) en el nodo receptor (102-D) que comprende:

$$\left(\frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DA}|}{|\alpha_B \alpha_D^* H_{AB}|} + \frac{\alpha_A \alpha_B \alpha_D^* \beta_D H_{AB} |H_{DB}|}{|\alpha_A \alpha_D^* H_{AB}|} \right) s$$

40 13. El almacenamiento legible por máquina (302) que comprende instrucciones de código (304) dispuestas, cuando se ejecutan en un procesador, para implementar todas las etapas de un método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 8-12.

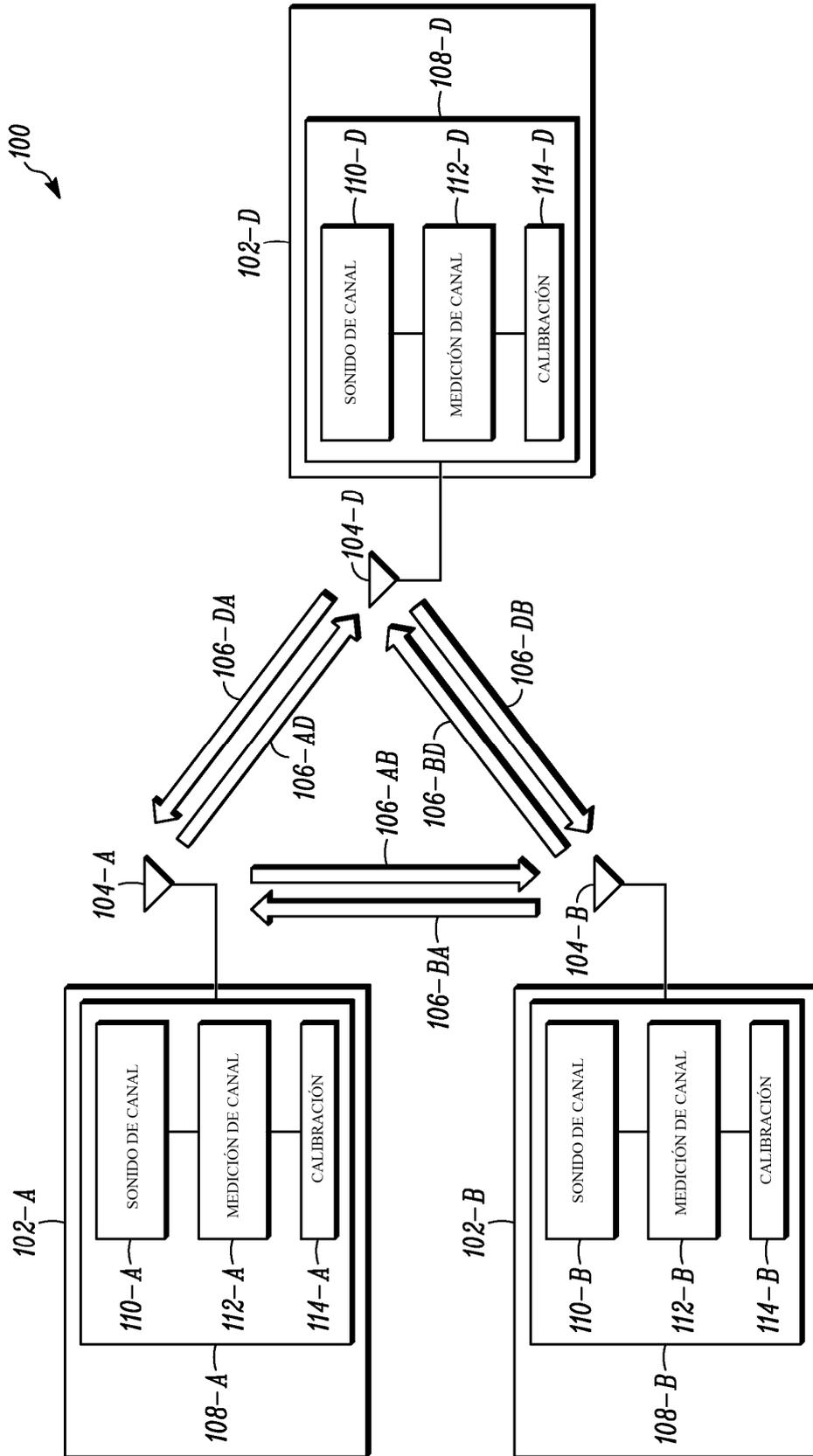


FIG. 1

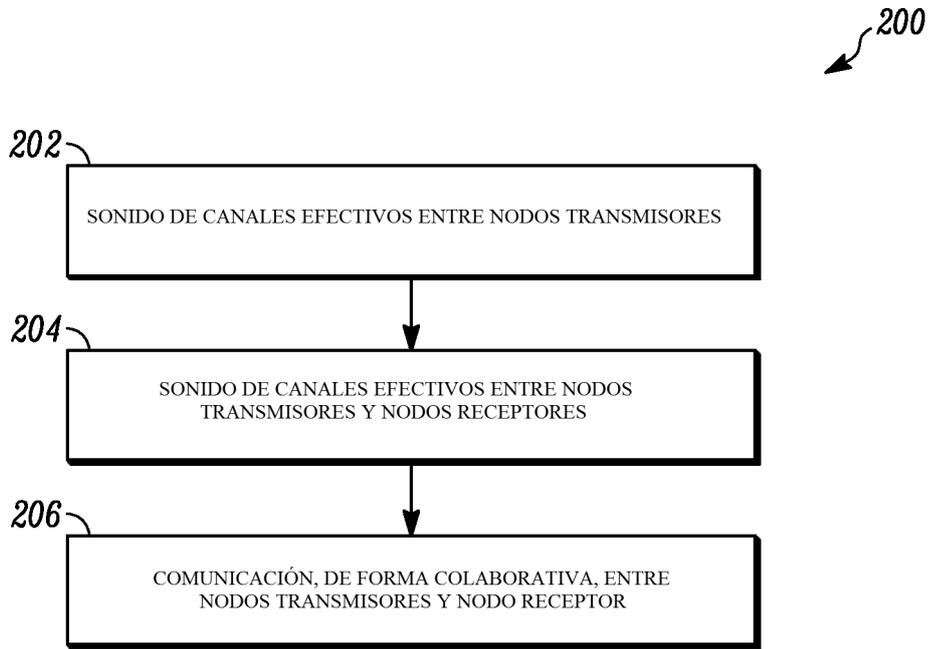


FIG. 2

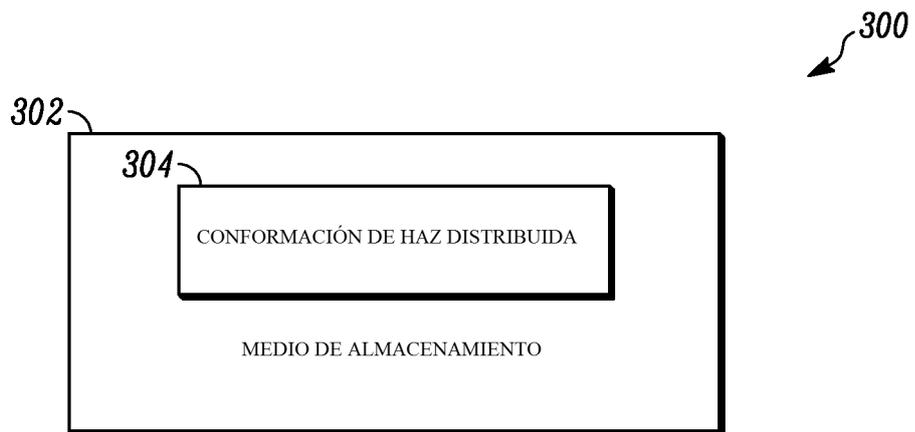


FIG. 3