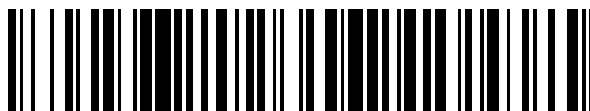


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 433**

51 Int. Cl.:

H04W 72/12 (2009.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 1/02 (2006.01)

H04B 7/04 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2010 E 13020069 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018 EP 2661139**

54 Título: **Diseño de preámbulo de modo mixto para señalar el número de secuencias por cliente**

30 Prioridad:

06.11.2009 US 259065 P

12.11.2009 US 260452 P

08.01.2010 US 684258

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

19.07.2018

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)

5775 Morehouse Drive

San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

SAMPATH, HEMANTH;

VAN NEE, RICHARD;

VAN ZELST, ALBERT y

AWATER, GEERT ARNOUT

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 676 433 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

Diseño de preámbulo de modo mixto para señalar el número de secuencias por cliente

5 ANTECEDENTES

Campo

10 [1] Ciertos aspectos de la presente divulgación en general se refieren a comunicaciones inalámbricas y, más particularmente, a un procedimiento de diseño de un campo de señal (SIG) de un preámbulo de transmisión para señalar el número de secuencias espaciales por combinaciones de clientes.

Antecedentes

15 [2] Para tratar el problema relacionado con los crecientes requisitos de ancho de banda que demandan los sistemas de comunicación inalámbrica, se están desarrollando diferentes esquemas que permiten a múltiples terminales de usuario comunicarse con un único punto de acceso mediante la compartición de los recursos de canal, obteniendo al mismo tiempo altos caudales de datos. La tecnología de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) representa un enfoque de este tipo, que ha surgido recientemente como una técnica popular para los sistemas de comunicaciones de nueva generación. La tecnología MIMO se ha adoptado en varias normas emergentes de comunicaciones inalámbricas tales como la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11.802.11. La norma IEEE 802.11 indica un conjunto de normas de interfaz aérea de red inalámbrica de área local (WLAN), desarrolladas por el comité IEEE 802.11 para comunicaciones de corto alcance (por ejemplo, entre decenas y unos pocos cientos de metros).

25 [3] Un sistema inalámbrico MIMO utiliza múltiples (N_T) antenas transmisoras y múltiples (N_R) antenas receptoras para la transmisión de datos. Un canal MIMO formado por las N_T antenas transmisoras y N_R antenas receptoras se puede descomponer en N_S secuencias espaciales, donde, para todos los fines prácticos, $N_S \leq \min\{N_T, N_R\}$. Los N_S secuencias espaciales se pueden utilizar para transmitir N_S secuencias de datos independientes para conseguir un mayor rendimiento global.

30 [4] En las redes inalámbricas con un único punto de acceso (AP) y múltiples estaciones de usuario (STA), pueden producirse transmisiones concurrentes en múltiples canales hacia diferentes estaciones, en la dirección tanto de enlace ascendente como de enlace descendente. Muchos retos están presentes en dichos sistemas.

35 [5] La recepción robusta de múltiples usuarios (MU) MIMO requiere que el AP transmita todas las secuencias de entrenamiento a las STA de usuario. Las secuencias de formación permiten que cada STA estime un canal de todas las antenas de AP a las antenas de STA. Las STA utilizan el canal de todas las antenas AP para realizar la anulación de interferencias efectiva de las secuencias MU-MIMO correspondientes a otras STA de usuario. Para realizar una cancelación de interferencias robusta en cada una de las STA, se requiere que cada STA sepa qué secuencia(s) espacial(es) pertenecen a la STA y qué secuencia(s) espacial(es) pertenecen a otras STA en la red. Se llama la atención sobre el documento WO 2009/109894 A1 que se refiere a un aparato transmisor, un aparato receptor, un sistema, una señal y un procedimiento de transmisión de múltiples usuarios, en el que los ajustes de transmisión se dividen en información de señal común, que contiene ajustes/información relevante para múltiples receptores e información específica de la secuencia de usuarios, que contiene ajustes/información relevante solo para una secuencia de usuario relacionada. Además, la información de señal común puede comprender al menos una de entre la duración del campo de secuencia de usuario más larga y el campo de asignación de recursos de múltiples usuarios, de modo que los receptores conocen la asignación de las secuencias de usuario a los receptores.

50 SUMARIO

[6] La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes constituyen los modos de realización de la invención.

55 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[7] Para que la forma en que se presentan las características mencionadas anteriormente de la presente divulgación pueda ser entendida al detalle, se puede ofrecer una descripción más específica, resumida anteriormente de manera breve, haciendo referencia a sus aspectos, algunos de los cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. Sin embargo, cabe señalar que los dibujos adjuntos ilustran solamente ciertos aspectos típicos de esta divulgación y, por lo tanto, no han de considerarse limitativos de su alcance, ya que la descripción puede admitir otros aspectos igualmente efectivos.

65 La FIG. 1 ilustra un diagrama de una red de comunicación inalámbrica de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de punto de acceso y de terminales de usuario de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

5 La FIG. 3 ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de dispositivo inalámbrico de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 4 ilustra un preámbulo de modo mixto de ejemplo, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

10 La FIG. 5 ilustra operaciones de ejemplo para generar un campo de señal (SIG) del preámbulo de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 5A ilustra componentes de ejemplo capaces de realizar las operaciones mostradas en la FIG. 5.

15 La FIG. 6 ilustra operaciones de ejemplo asociadas con la recepción del preámbulo que pueden ejecutarse en un terminal de usuario de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 6A ilustra componentes de ejemplo capaces de realizar las operaciones mostradas en la FIG. 6.

20 La FIG. 7 ilustra operaciones de ejemplo para asignar una pluralidad de identificadores de usuario (ID) a una pluralidad de usuarios de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 7A ilustra componentes de ejemplo capaces de realizar las operaciones mostradas en la FIG. 7.

25 La FIG. 8 ilustra combinaciones de ejemplos de números de secuencias espaciales asignadas a diferentes usuarios de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

Las FIGs. 9A-9F ilustran ejemplos de diferentes asignaciones de recursos y códigos correspondientes de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

30 La FIG. 10 ilustra una eficiencia de ejemplo de un código de asignación de recursos de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

35 La FIG. 11 ilustra características de ejemplo de diferentes códigos que representan asignaciones de recursos de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

40 **[8]** Diversos aspectos de la divulgación se describen de aquí en adelante con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, esta divulgación puede realizarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a cualquier estructura o función específica presentada a lo largo de esta divulgación. En cambio, estos aspectos se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita por completo el alcance de la divulgación a los expertos en la técnica. Basándose en las enseñanzas en el presente documento, un experto en la técnica debería apreciar que el alcance de la divulgación está previsto para abarcar cualquier aspecto de la divulgación divulgada en el presente documento, ya sea implementado de forma independiente o combinado con cualquier otro aspecto de la divulgación. Por ejemplo, un aparato se puede implementar o un procedimiento se puede llevar a la práctica usando cualquier número de los aspectos expuestos en el presente documento. Además, el alcance de la divulgación está previsto para abarcar un aparato o procedimiento de este tipo que se lleve a la práctica usando otra estructura, funcionalidad, o estructura y funcionalidad, además, o aparte, de los diversos aspectos de la divulgación expuestos en el presente documento. Debería entenderse que cualquier aspecto de la divulgación divulgado en el presente documento puede realizarse mediante uno o más elementos de una reivindicación.

55 **[9]** El término "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento en el sentido de "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". Cualquier aspecto descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" no debe interpretarse necesariamente como preferente o ventajoso con respecto a otros aspectos.

60 **[10]** Aunque en el presente documento se describan aspectos particulares, muchas variaciones y permutaciones de estos aspectos caen dentro del alcance de la divulgación. Aunque se mencionan algunos beneficios y ventajas de los aspectos preferidos, el alcance de la divulgación no pretende limitarse a beneficios, usos u objetivos particulares. En cambio, los aspectos de la divulgación pretenden aplicarse ampliamente a diferentes tecnologías inalámbricas, configuraciones de sistema, redes y protocolos de transmisión, algunos de los cuales se ilustran a modo de ejemplo en las figuras y en la siguiente descripción de los aspectos preferentes. La descripción detallada y los dibujos son meramente ilustrativos de la divulgación en vez de limitativos, definiéndose el alcance de la divulgación por las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

65

UN EJEMPLO DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

[11] Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para diversos sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha, incluyendo sistemas de comunicación que están basados en un esquema de multiplexado ortogonal. Los ejemplos de dichos sistemas de comunicación incluyen sistemas de acceso múltiple por división espacial (SDMA), de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), de acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA), etc. Un sistema de SDMA puede utilizar direcciones suficientemente diferentes para transmitir de forma simultánea datos que pertenezcan a múltiples terminales de usuario. Un sistema de TDMA puede permitir que múltiples terminales de usuario compartan el mismo canal de frecuencia, dividiendo la señal de transmisión en intervalos temporales diferentes, estando asignado cada intervalo temporal a terminales de usuario diferentes. Un sistema de OFDMA usa multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), que es una técnica de modulación que divide el ancho de banda global del sistema en múltiples sub-portadoras ortogonales. Estas sub-portadoras pueden denominarse también tonos, recipientes, etc. Con el OFDM, cada sub-portadora puede modularse de forma independiente con datos. Un sistema de SC-FDMA puede usar el FDMA intercalado (IFDMA) para transmitir en sub-portadoras que están distribuidas por el ancho de banda del sistema, el FDMA localizado (LFDMA) para transmitir en un bloque de sub-portadoras adyacentes o el FDMA mejorado (EFDMA) para transmitir en múltiples bloques de sub-portadoras adyacentes. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio de frecuencia con OFDM, y en el dominio del tiempo con SC-FDMA.

[12] Las enseñanzas en el presente documento pueden incorporarse en (por ejemplo, implementarse dentro de o realizarse por) múltiples aparatos cableados o inalámbricos (por ejemplo, nodos). En algunos aspectos, un nodo implementado de acuerdo con las enseñanzas en el presente documento puede comprender un punto de acceso o un terminal de acceso.

[13] Un punto de acceso ("AP") puede comprender, implementarse como o conocerse como un nodo B, un controlador de red de radio ("RNC"), un eNodoB, un controlador de estación base ("BSC"), una estación transceptora base ("BTS"), una estación base ("BS"), una función transceptora ("TF"), un router de radio, un transceptor de radio, un conjunto de servicios básicos ("BSS"), un conjunto de servicios ampliados ("ESS"), una estación base de radio ("RBS"), o utilizando otra terminología.

[14] Un terminal de acceso ("AT") puede comprender, implementarse como o conocerse como un terminal de acceso, una estación de abonado, una unidad de abonado, una estación móvil, una estación remota, un terminal remoto, un terminal de usuario, un agente de usuario, un dispositivo de usuario, un equipo de usuario, una estación de usuario o utilizando otra terminología. En algunas implementaciones, un terminal de acceso puede comprender un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico, un teléfono de Protocolo de Inicio de Sesión ("SIP"), una estación de bucle local inalámbrico ("WLL"), un asistente digital personal ("PDA"), un dispositivo manual con capacidad de conexión inalámbrica, una Estación ("STA") o algún otro dispositivo de procesamiento adecuado conectado a un módem inalámbrico. Por consiguiente, uno o más aspectos dados a conocer en el presente documento pueden incorporarse en un teléfono (por ejemplo, un teléfono celular o teléfono inteligente), un ordenador (por ejemplo, un ordenador portátil), un dispositivo de comunicaciones portátil, un dispositivo informático portátil (por ejemplo, un asistente de datos personal), un dispositivo de entretenimiento (por ejemplo, un dispositivo de música o vídeo, o una radio por satélite), un dispositivo de sistema de posicionamiento global o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse a través de un medio inalámbrico o cableado. En algunos aspectos, el nodo es un nodo inalámbrico. Dicho nodo inalámbrico puede proporcionar, por ejemplo, conectividad para o con una red (por ejemplo, una red de área extensa tal como Internet o una red móvil) mediante un enlace de comunicación por cable o inalámbrico.

[15] La FIG. 1 ilustra un sistema 100 de acceso múltiple, múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO) con puntos de acceso y terminales de usuario. Por motivos de simplicidad, solamente se muestra un punto de acceso 110 en la FIG. 1. Un punto de acceso es, en general, una estación fija que se comunica con los terminales de usuario, y que puede denominarse también estación base, o con alguna otra terminología. Un terminal de usuario puede ser fijo o móvil, y puede denominarse también como una estación móvil, un dispositivo inalámbrico, o alguna otra terminología. El punto de acceso 110 puede comunicarse con uno o más terminales de usuario 120 en cualquier momento dado en el enlace descendente y en el enlace ascendente. El enlace descendente (es decir, el enlace directo) es el enlace de comunicación desde el punto de acceso a los terminales de usuario y el enlace ascendente (es decir, el enlace inverso) es el enlace de comunicación desde los terminales de usuario al punto de acceso. Un terminal de usuario también se puede comunicar entre pares con otro terminal de usuario. Un controlador del sistema 130 se acopla con, y proporciona coordinación y control para, los puntos de acceso.

[16] Aunque partes de la divulgación siguiente describirán terminales de usuario 120 capaces de comunicarse a través del acceso múltiple por división espacial (SDMA), para ciertos aspectos, los terminales de usuario 120 pueden incluir también algunos terminales de usuario que no den soporte al SDMA. Por lo tanto, para tales aspectos, un AP 110 puede estar configurado para comunicarse con terminales de usuario, tanto de SDMA como no de SDMA. Este enfoque puede permitir de forma conveniente que versiones anteriores de terminales de usuario (estaciones

"heredadas") permanezcan desplegadas en una empresa, ampliando su vida útil, permitiendo a la vez que se introduzcan nuevos terminales de usuario de SDMA según se considere adecuado.

[17] El sistema 100 emplea múltiples antenas transmisoras y múltiples antenas receptoras para la transmisión de datos en el enlace descendente y en el enlace ascendente. El punto de acceso 110 está equipado con N_{ap} antenas y representa la entrada múltiple (MI) para transmisiones de enlace descendente y la salida múltiple (MO) para transmisiones de enlace ascendente. Un conjunto de K terminales de usuario 120 seleccionados representa en conjunto las múltiples salidas para transmisiones de enlace descendente y las múltiples entradas para transmisiones de enlace ascendente. Para el SDMA puro, se desea tener $N_{ap} \geq K \geq 1$ si las secuencias de símbolos de datos para los K terminales de usuario no están multiplexados en código, frecuencia o tiempo por algún medio. K puede ser mayor que N_{ap} si las secuencias de símbolos de datos pueden multiplexarse usando una técnica TDMA, canales de código diferentes con CDMA, conjuntos disjuntos de subbandas con OFDM, etc. Cada terminal de usuario seleccionado transmite datos específicos de usuario a y/o recibe datos específicos de usuario desde, el punto de acceso. En general, cada terminal de usuario seleccionado puede equiparse con una o múltiples antenas (es decir, $N_{ut} \geq 1$). Los K terminales de usuario seleccionados pueden tener el mismo número, o un número diferente, de antenas.

[18] El sistema SDMA 100 puede ser un sistema de dúplex por división de tiempo (TDD) o un sistema de dúplex por división de frecuencia (FDD). Para un sistema TDD, el enlace descendente y el enlace ascendente comparten la misma banda de frecuencia. Para un sistema FDD, el enlace descendente y el enlace ascendente usan bandas de frecuencia diferentes. El sistema de MIMO 100 también puede utilizar una única portadora o múltiples portadoras para la transmisión. Cada terminal de usuario puede estar equipado con una única antena (por ejemplo, con el fin de mantener bajos los costes) o múltiples antenas (por ejemplo, allí donde pueda soportarse el coste adicional). El sistema 100 también puede ser un sistema de TDMA si los terminales de usuario 120 comparten el mismo canal de frecuencia dividiendo la transmisión/recepción en intervalos temporales diferentes, estando cada intervalo temporal asignado a un terminal de usuario 120 diferente.

[19] La FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques del punto de acceso 110 y dos terminales de usuario 120m y 120x en el sistema de MIMO 100. El punto de acceso 110 está equipado con N_t antenas 224a a 224t. El terminal de usuario 120m está equipado con $N_{ut,m}$ antenas 252ma a 252mu y el terminal de usuario 120x está equipado con $N_{ut,x}$ antenas 252xa a 252xu. El punto de acceso 110 es una entidad de transmisión para el enlace descendente y una entidad de recepción para el enlace ascendente. Cada terminal de usuario 120 es una entidad transmisora para el enlace ascendente y una entidad receptora para el enlace descendente. Como se usa en el presente documento, una "entidad de transmisión" es un aparato o dispositivo autónomo capaz de transmitir datos mediante un canal inalámbrico, y una "entidad de recepción" es un aparato o dispositivo autónomo capaz de recibir datos mediante un canal inalámbrico. En la siguiente descripción, el subíndice "dn" representa el enlace descendente, el subíndice "up" representa el enlace ascendente, se seleccionan N_{up} terminales de usuario para la una transmisión simultánea en el enlace ascendente, se seleccionan N_{dn} terminales de usuario para una transmisión simultánea en el enlace descendente, N_{up} puede ser igual o no a N_{dn} , y N_{up} y N_{dn} pueden ser valores estáticos o pueden cambiar para cada intervalo de programación. Se puede usar la orientación de haz o alguna otra técnica de procesamiento espacial en el punto de acceso y en el terminal de usuario.

[20] En el enlace ascendente, en cada terminal de usuario 120 seleccionado para la transmisión de enlace ascendente, un procesador de datos de TX 288 recibe datos de tráfico desde un origen de datos 286 y datos de control desde un controlador 280. El procesador de datos de TX 288 procesa (por ejemplo, codifica, intercala y modula) los datos de tráfico para el terminal de usuario basándose en los esquemas de codificación y modulación asociados a la velocidad seleccionada para el terminal de usuario y proporciona una secuencia de símbolos de datos. Un procesador espacial de TX 290 realiza un procesamiento espacial en la secuencia de símbolos de datos y proporciona $N_{ut,m}$ secuencias de símbolos de transmisión para las $N_{ut,m}$ antenas. Cada unidad transmisora (TMTR) 254 recibe y procesa (por ejemplo, convierte a analógico, amplifica, filtra y aumenta en frecuencia) una respectiva secuencia de símbolos de transmisión para generar una señal de enlace ascendente. $N_{ut,m}$ unidades transmisoras 254 proporcionan $N_{ut,m}$ señales de enlace ascendente para su transmisión desde $N_{ut,m}$ antenas 252 al punto de acceso.

[21] Pueden programarse N_{up} terminales de usuario para una transmisión simultánea en el enlace ascendente. Cada uno de estos terminales de usuario realiza un procesamiento espacial en su secuencia de símbolos de datos y transmite al punto de acceso su conjunto de secuencias de símbolos de transmisión en el enlace ascendente.

[22] En el punto de acceso 110, N_{ap} antenas 224a a 224ap reciben las señales de enlace ascendente desde todos los N_{up} terminales de usuario que transmiten en el enlace ascendente. Cada antena 224 proporciona una señal recibida a una respectiva unidad receptora (RCVR) 222. Cada unidad receptora 222 realiza un procesamiento complementario al realizado por la unidad transmisora 254 y proporciona una secuencia de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 240 realiza un procesamiento espacial de recepción en los N_{ap} secuencias de símbolos recibidas desde las N_{ap} unidades receptoras 222 y proporciona N_{up} secuencias de símbolos de datos recuperadas de enlace ascendente. El procesamiento espacial de recepción se realiza de acuerdo con la inversión matricial de correlación de canal (CCMI), el mínimo error cuadrático medio (MMSE), la cancelación suave de interferencias (SIC)

o alguna otra técnica. Cada secuencia recuperada de símbolos de datos de enlace ascendente es una estimación de una secuencia de símbolos de datos transmitida por un respectivo terminal de usuario. Un procesador de datos de RX 242 procesa (por ejemplo, desmodula, desintercala y descodifica) cada secuencia recuperada de símbolos de datos de enlace ascendente, de acuerdo con la velocidad usada para esa secuencia, para obtener datos descodificados. Los datos descodificados para cada terminal de usuario pueden proporcionarse a un colector de datos 244 para su almacenamiento y/o a un controlador 230 para su procesamiento adicional.

[23] En el enlace descendente, en el punto de acceso 110, un procesador de datos de TX 210 recibe datos de tráfico desde un origen de datos 208 para N_{dn} terminales de usuario programados para la transmisión en el enlace descendente, datos de control desde un controlador 230 y, posiblemente, otros datos desde un programador 234. Los diversos tipos de datos pueden enviarse en canales de transporte diferentes. El procesador de datos de TX 210 procesa (por ejemplo, codifica, intercala y modula) los datos de tráfico para cada terminal de usuario basándose en la velocidad seleccionada para ese terminal de usuario. El procesador de datos de TX 210 proporciona N_{dn} secuencias de símbolos de datos de enlace descendente para los N_{dn} terminales de usuario. Un procesador espacial de TX 220 realiza un procesamiento espacial (tal como una precodificación o formación de haces, como se describe en la presente divulgación) en los N_{dn} secuencias de símbolos de datos de enlace descendente, y proporciona N_{ap} secuencias de símbolos de transmisión para las N_{ap} antenas. Cada unidad transmisora 222 recibe y procesa una respectiva secuencia de símbolos de transmisión para generar una señal de enlace descendente. N_{ap} unidades transmisoras 222 proporcionan N_{ap} señales de enlace descendente para su transmisión desde N_{ap} antenas 224 a los terminales de usuario.

[24] En cada terminal de usuario 120, $N_{ut,m}$ antenas 252 reciben las N_{ap} señales de enlace descendente desde el punto de acceso 110. Cada unidad receptora 254 procesa una señal recibida desde una antena 252 asociada y proporciona una secuencia de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 260 realiza el procesamiento espacial de recepción en los $N_{ut,m}$ secuencias de símbolos recibidas desde $N_{ut,m}$ unidades receptoras 254 y proporciona una secuencia recuperada de símbolos de datos de enlace descendente para el terminal de usuario. El procesamiento espacial de recepción se realiza de acuerdo con la CCMI, el MMSE o alguna otra técnica. Un procesador de datos de RX 270 procesa (por ejemplo, desmodula, desintercala y descodifica) la secuencia recuperada de símbolos de datos de enlace descendente para obtener datos descodificados para el terminal de usuario.

[25] En cada terminal de usuario 120, un estimador de canal 278 estima la respuesta de canal de enlace descendente y proporciona estimaciones de canal de enlace descendente, que pueden incluir estimaciones de ganancia de canal, estimaciones SNR, varianza de ruido, etc. De manera similar, un estimador de canal 228 estima la respuesta de canal de enlace ascendente y proporciona estimaciones de canal de enlace ascendente. El controlador 280 para cada terminal de usuario obtiene típicamente la matriz de filtro espacial para el terminal de usuario basándose en la matriz de respuesta de canal de enlace descendente $H_{dn,m}$ para ese terminal de usuario. El controlador 230 obtiene la matriz de filtro espacial para el punto de acceso basándose en la matriz efectiva de respuesta de canal de enlace ascendente $H_{up,eff}$. El controlador 280 para cada terminal de usuario puede enviar información de realimentación (por ejemplo, los autovectores, los autovalores, las estimaciones de la SNR, etc., de enlace descendente y/o de enlace ascendente) al punto de acceso. Los controladores 230 y 280 controlan además el funcionamiento de diversas unidades de procesamiento en el punto de acceso 110 y en el terminal de usuario 120, respectivamente.

[26] La FIG. 3 ilustra varios componentes que pueden utilizarse en un dispositivo inalámbrico 302 que puede emplearse dentro del sistema de comunicación inalámbrica 100. El dispositivo inalámbrico 302 es un ejemplo de un dispositivo que se puede configurar para implementar los diversos procedimientos descritos en el presente documento. El dispositivo inalámbrico 302 puede ser una estación base 104 o un terminal de usuario 106.

[27] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir un procesador 304 que controle el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 302. El procesador 304 se puede denominar también unidad central de procesamiento (CPU). La memoria 306, que puede incluir tanto memoria de solo lectura (ROM) como memoria de acceso aleatorio (RAM), proporciona instrucciones y datos al procesador 304. Una parte de la memoria 306 también puede incluir memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM). El procesador 304 realiza típicamente operaciones lógicas y aritméticas basándose en instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 306. Las instrucciones de la memoria 306 se pueden ejecutar para implementar los procedimientos descritos en el presente documento.

[28] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir también una carcasa 308 que puede incluir un transmisor 310 y un receptor 312 para permitir la transmisión y la recepción de datos entre el dispositivo inalámbrico 302 y una ubicación remota. El transmisor 310 y el receptor 312 se pueden combinar para dar un transceptor 314. Una única antena o una pluralidad de antenas transmisoras 316 pueden conectarse al alojamiento 308 y acoplarse de forma eléctrica al transceptor 314. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir múltiples transmisores, múltiples receptores y múltiples transceptores (no mostrados).

[29] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir también un detector de señales 318 que puede usarse con el objetivo de detectar y cuantificar el nivel de las señales recibidas por el transceptor 314. El detector de señales 318

puede detectar señales tales como la energía total, la energía por subportadora por símbolo, la densidad espectral de potencia y otras señales. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir un procesador de señales digitales (DSP) 320 para su uso en el procesamiento de señales.

- 5 **[30]** Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 302 pueden acoplarse entre sí mediante un sistema de bus 322, que puede incluir un bus de potencia, un bus de señales de control y un bus de señales de estado, además de un bus de datos.

10 DISEÑO DE PREÁMBULO DE ALTO RENDIMIENTO PARA UNA ROBUSTA CANCELACIÓN DE INTERFERENCIAS

- 15 **[31]** Ciertos aspectos de la presente divulgación soportan el diseño de un campo de Señal de Muy Alto Rendimiento (VHT-SIG) de un preámbulo. El preámbulo puede transmitirse, por ejemplo, desde el punto de acceso (AP) 110 a los usuarios 120 en la red inalámbrica 100 ilustrada en la FIG. 1. El diseño propuesto del campo VHT-SIG puede permitir a los usuarios distinguir sus propias secuencias espaciales de las secuencias espaciales dedicadas a otros usuarios para poder realizar una cancelación de interferencias robusta.

- 20 **[32]** La FIG. 4 ilustra un ejemplo de preámbulo de modo mixto 400 de acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación. El preámbulo 400 puede comprender una parte omni-heredada 402 y una parte de VHT 802.11ac precodificada 414. La parte heredada 402 puede comprender: un campo de aprendizaje corto heredado (L-STF) 404, un campo de aprendizaje largo heredado 406, un campo de señal heredada (L-SIG) 408, y dos símbolos OFDM 410-412 para los campos de señal A de rendimiento muy alto (VHT-SIGA). Los campos VHT-SIGA 410-412 pueden transmitirse omnidireccionalmente. La parte 802.11ac VHT precodificada 414 puede comprender un campo de aprendizaje corto de rendimiento muy alto (VHT-STF) 416, un campo de aprendizaje largo de rendimiento muy alto 1 (VHT-LTF1) 418, campos de aprendizaje largo de rendimiento muy alto (VHT-LTF) 420, un campo de señal de rendimiento muy alto B (VHT-SIGB) 422, y un paquete de datos 424. El campo VHT-SIGB puede comprender un símbolo OFDM y puede transmitirse precodificado/con formación de haces.

- 30 **[33]** Una recepción MIMO de múltiples usuarios (MU) robusta puede requerir que el AP transmita todos los VHT-LTF 422 a todos los usuarios soportados. Los VHT-LTF 420 pueden permitir que cada usuario estime un canal MIMO de todas las antenas de AP a las antenas de usuario. El usuario puede utilizar el canal estimado para realizar una nulidad de interferencias efectiva desde las secuencias MU-MIMO correspondientes a otros usuarios. Para realizar una cancelación de interferencias robusta, se puede requerir que cada cliente sepa qué secuencia espacial pertenece al cliente, y qué secuencias espaciales pertenecen a otros usuarios.

- 35 **[34]** Una solución posible es especificar la identificación de secuencia espacial (ID) y la identificación de control de acceso a medios (MACID) dentro de los símbolos VHT-SIGA 410-412 para cada estación de usuario (STA). Sin embargo, una cantidad de bits requeridos puede ser significativa. Por ejemplo, para el MACID de seis bytes y el ID de secuencia espacial de tres bits (para el caso a modo de ejemplo de ocho antenas AP transmisoras), esto puede dar como resultado 51 bits por cliente, que pueden ser aproximadamente 400 bits para ocho clientes. No es posible señalar esta cantidad de bits en dos símbolos OFDM de los campos VHT-SIGA 410-412. Ciertos aspectos de la presente divulgación soportan procedimientos para señalar eficientemente información sobre una desviación de secuencia espacial de cada usuario que utiliza un número sustancialmente menor de bits dentro del campo VHT-SIGA.

- 45 **[35]** En un aspecto de la presente divulgación, el AP puede proporcionar a cada usuario 802.11ac en la red un ID de usuario = $(1, \text{mod } U \text{ de STAID})$, donde U representa un número máximo de usuarios por transacción SDMA de enlace descendente (por ejemplo, puede ser igual al número de antenas AP). Por ejemplo, el valor de U puede ser igual a ocho. La STAID se puede proporcionar durante el tiempo de asociación o usando una trama de gestión explícita. Cabe señalar que en una red muy cargada, más de una STA puede tener la misma STAID. Además, cada STA puede tener múltiples STAID para diferentes clases de aplicación y perfiles, por ejemplo, transmisión de vídeo, datos de mejor esfuerzo, etc.

- 55 **[36]** Por lo tanto, es posible que el AP no pueda programar dos STA con STAID idéntica en la misma época. Además, es posible que el AP no pueda programar dos usuarios de diferentes clases de aplicaciones o perfiles en el mismo período de tiempo. Cabe señalar que para la mayoría de las aplicaciones, por ejemplo, entretenimiento en el hogar, esto puede no provocar una degradación del rendimiento, ya que el número de STA en una casa no suele ser mayor a ocho.

- 60 **[37]** En los campos VHT-SIGA 410-412, el AP solo puede señalar la desviación de la secuencia espacial de cada usuario en un orden particular (por ejemplo, de acuerdo con el valor de STAID). Por ejemplo, la secuencia (3,2,1) dentro del VHT-SIGA puede indicar que el ID de usuario 1 puede obtener las primeras tres secuencias espaciales, el ID de usuario 2 puede obtener las siguientes dos secuencias espaciales, y el ID de usuario 3 puede obtener la siguiente secuencia espacial. Por lo tanto, en el caso a modo de ejemplo de ocho usuarios soportados y hasta ocho secuencias espaciales (es decir, índice de secuencia espacial de tres bits), pueden requerirse 24 bits del

campo VHT-SIGA para señalar la desviación de secuencia espacial para cada usuario. Es sustancialmente más pequeño que aproximadamente 400 bits de los que se ha informado anteriormente.

[38] El enfoque propuesto puede imponer restricciones al programador ya que dos usuarios con la misma STAID pueden no programarse. Sin embargo, para la mayoría de las aplicaciones, por ejemplo, entretenimiento en el hogar, esto es aceptable.

[39] En otro aspecto de la presente divulgación, el número de bits del campo VHT-SIGA que indica desviaciones de secuencia espacial para todos los usuarios puede reducirse aún más. Para lograr esto, se pueden aplicar algunas restricciones en la asignación de secuencia espacial (es decir, se puede utilizar cierta compresión). En el caso a modo de ejemplo de ocho usuarios y hasta ocho secuencias espaciales (es decir, el número de antenas transmisoras AP puede ser igual a ocho), una secuencia "0000" de bits dentro del campo VHT-SIGA puede, por ejemplo, indicar que cada el usuario puede obtener una secuencia espacial. Además, una secuencia "0001" de los bits dentro del campo VHT-SIGA puede, por ejemplo, indicar que cuatro usuarios pueden obtener dos secuencias espaciales cada uno, una secuencia "0010" de los bits dentro del campo VHT-SIGA puede, por ejemplo, indicar que tres usuarios pueden obtener dos secuencias espaciales cada uno, una secuencia "0011" de los bits dentro del campo VHT-SIGA puede, por ejemplo, indicar que cuatro usuarios pueden obtener dos secuencias espaciales cada uno, una secuencia "0100" de los bits dentro del campo VHT-SIGA puede, por ejemplo, indicar que dos usuarios pueden obtener tres secuencias espaciales cada uno, una secuencia "0101" de los bits dentro del campo VHT-SIGA puede indicar que dos usuarios pueden obtener cuatro secuencias espaciales cada uno, etc.

[40] Al aplicar este enfoque, el número total de bits del campo VHT-SIGA utilizado para indicar desviaciones de secuencia espacial para todos los usuarios puede reducirse sustancialmente. En el caso a modo de ejemplo de ocho usuarios y hasta ocho secuencias espaciales, un total de cuatro bits para el campo VHT-SIGA puede ser suficiente. Por otro lado, pueden imponerse algunas restricciones adicionales en el programador AP. Sin embargo, esto puede no conducir a ninguna degradación del rendimiento.

[41] La FIG. 5 ilustra operaciones de ejemplo 500 para generar un campo SIG de un preámbulo de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. En 502, un aparato (por ejemplo, un punto de acceso) puede generar el preámbulo que comprende un campo SIG, en el que el campo SIG comprende una pluralidad de bits que indican un número y asignación de secuencias espaciales para una pluralidad de otros aparatos (por ejemplo, terminales de usuario) sin identificar explícitamente cada aparato. En 504, el primer aparato puede transmitir el preámbulo a los otros aparatos.

[42] La FIG. 6 ilustra operaciones de ejemplo 600 asociadas con la recepción del preámbulo que pueden ejecutarse en un terminal de usuario de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. En 602, un aparato (por ejemplo, el terminal de usuario) puede recibir un preámbulo transmitido al aparato y a otros aparatos (por ejemplo, otros terminales de usuario), comprendiendo dicho preámbulo un campo SIG, en el que el campo SIG comprende una pluralidad de bits que indican un número y asignación de secuencias espaciales para una pluralidad de aparatos sin identificar explícitamente cada aparato. En 604, el aparato puede determinar, basándose en la pluralidad de bits, qué secuencias espaciales están asignadas al aparato. El aparato puede recibir un paquete en las secuencias espaciales asignadas al aparato, descodificar el paquete recibido y descartar el paquete descodificado, si una dirección MAC asociada con el paquete es diferente de una dirección MAC asociada con el aparato.

[43] La FIG. 7 ilustra operaciones de ejemplo 700 para asignar una pluralidad de identificadores de usuario (ID) a una pluralidad de usuarios de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. En 702, un aparato (por ejemplo, un punto de acceso) puede generar una trama de gestión que comprende una pluralidad de identificadores (ID), en el que la pluralidad de ID puede asignarse a una pluralidad de otros aparatos (es decir, nodos inalámbricos). En 704, el aparato puede transmitir la trama de gestión a los otros aparatos. Ciertos aspectos de la presente divulgación soportan la asignación de la pluralidad de ID a la pluralidad de aparatos durante los procedimientos de asociación.

[44] La pluralidad de ID puede comprender un identificador para cada clase de acceso. Cada uno de los ID asignados a uno de los aparatos puede seleccionarse a partir de un número definido de ID únicos, en el que el número definido de ID únicos puede corresponder a un número máximo de aparatos soportados simultáneamente por una única transmisión SDMA de enlace descendente originada desde el aparato. Además, la trama de gestión puede retransmitirse para reasignar una pluralidad diferente de ID a los aparatos. La diferente pluralidad de ID puede ser especificada por un ID de grupo.

[45] Los ID asignados a las STA de usuario se pueden señalar en el ID de grupo. Los ID de grupo pueden estar formados por el punto de acceso y pueden transmitirse dentro de la trama de gestión. Esta trama puede listar los ID de grupo y sus identificadores de asociación (AID) correspondientes. Un campo AID puede comprender 16 bits que cada usuario puede obtener en una trama de respuesta de asociación. El AID puede comprender un valor de ID de 1 a 2007 y, por lo tanto, solo se pueden utilizar efectivamente 11 de cada 16 bits.

[46] En un aspecto de la presente divulgación, todas las combinaciones posibles de número de secuencias espaciales por STA de usuario pueden señalarse en el campo VHT-SIGA del preámbulo. Aquellos casos en los que exista un número total de secuencias espaciales que excedan un número máximo de secuencias que el punto de acceso pueda soportar simultáneamente pueden ser excluidos y pueden no señalarse.

[47] Se puede considerar un caso a modo de ejemplo donde el punto de acceso puede soportar hasta cuatro usuarios simultáneos y hasta ocho secuencias espaciales en total. Entonces, el número posible de secuencias por combinación de usuario puede ser, por ejemplo, {8,0,0,0}, {0,8,0,0}, {4,2,0,2}, {1,0,0,1}, {6,2,0,0}, {2,6,0,0}, etc. El número total de combinaciones válidas para este ejemplo es 495. Por lo tanto, se pueden requerir al menos 9 bits dentro del campo VHT-SIGA para señalar todo el número posible de secuencias espaciales por combinaciones de usuario. Si el número máximo de usuarios soportados simultáneamente se incrementa a seis, entonces el número de combinaciones aumenta a 3003, lo cual significa que pueden ser necesarios 12 bits de señalización dentro del campo VHT-SIGA. Para hasta ocho usuarios soportados simultáneamente, el número de combinaciones se convierte en 12870, lo cual significa que pueden requerirse 14 bits de señalización.

[48] En un aspecto de la presente divulgación, el ID de grupo puede disponerse de modo que el número asignado de secuencias espaciales por usuario siempre pueda estar en un orden no creciente. De forma alternativa, el ID de grupo puede estar dispuesto de manera que el número asignado de secuencias espaciales por usuario siempre esté en orden no decreciente. El ID de grupo puede cambiarse cuando cambia el orden del número de secuencias espaciales por usuario. El ID de grupo puede cambiarse si el canal MIMO entre el punto de acceso y las STA de usuario ha cambiado significativamente de tal forma que una agrupación diferente de usuarios pueda proporcionar mejores resultados de rendimiento. La velocidad cambiante para el ID de grupo puede ser aproximadamente la misma que la velocidad en la que cambia la cantidad de secuencias espaciales por cliente.

[49] El caso a modo de ejemplo en el que el punto de acceso puede soportar simultáneamente hasta cuatro usuarios con hasta ocho secuencias espaciales puede considerarse nuevamente. Entonces, el número posible de secuencias espaciales por combinación de usuario puede ser, por ejemplo, {8,0,0,0}, {4,2,0,0}, {1,0,0,0}, {2,2, 2,1}, etc. Sin embargo, las combinaciones como {0,8,0,0} o {4,0,0,1} pueden no ser permitidas por el ID de grupo. Por lo tanto, el número total de combinaciones válidas ahora puede reducirse a 53, y seis bits del campo VHT-SIGA pueden ser suficientes para señalar todo el número posible de secuencias espaciales por combinaciones de usuario.

[50] Si, por ejemplo, el número de usuarios aumenta a ocho, entonces el número de combinaciones puede aumentar a 67. Estas combinaciones se ilustran en la FIG. 8. Sin embargo, las nueve combinaciones de la FIG. 8 que comprenden solo un usuario único con secuencia(s) espacial(es) asignada(s) pueden excluirse ya que estas combinaciones pueden señalarse por separado y no incluirse en la señalización MIMO de múltiples usuarios. Por lo tanto, seis bits de señalización del campo VHT-SIGA pueden ser suficientes para representar 58 combinaciones posibles restantes en el caso de ocho usuarios soportados simultáneamente. Por lo tanto, al aplicar el enfoque propuesto, puede ser factible aumentar sustancialmente el número de STA de usuario soportadas simultáneamente en sistemas MIMO de múltiples usuarios de enlace descendente, sin aumentar el número de bits de señalización dentro del campo VHT-SIGA.

PROCEDIMIENTOS DE CODIFICACIÓN Y DESCODIFICACIÓN PARA CÓDIGOS DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS

[51] Se proponen diferentes procedimientos en la presente divulgación para codificar todas las asignaciones posibles de secuencias espaciales S a N estaciones de usuario en un sistema SDMA inalámbrico. Como ejemplo, puede haber diez asignaciones posibles de $S = 2$ secuencias espaciales para $N = 3$ usuarios como un conjunto de diez tuplas (s_1, s_2, s_3) donde s_i denota el número de secuencias asignadas al usuario i . La suma de los elementos de la tupla debe ser menor o igual que S , y los elementos deben ser números enteros no negativos. La lista de posibles asignaciones es por lo tanto: (0,0,0), (0,0,1), (0,0,2), (0,1,0), (0,1,1), (0,2,0), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,0) y (2,0,0).

[52] La codificación representa una representación numérica de una asignación particular de secuencias espaciales. La codificación puede utilizarse para comunicar una asignación elegida. Por ejemplo, el punto de acceso en el sistema SDMA 100 puede querer informar a sus estaciones asociadas cómo se asignan las secuencias espaciales, de modo que las estaciones puedan preparar sus receptores para extraer y decodificar correctamente las secuencias asignadas en los siguientes paquetes de datos que el punto de acceso transmitirá. Como se mencionó anteriormente, esta información puede estar incorporada en un preámbulo que está prefijado al paquete de datos.

[53] El requisito principal puede ser que la codificación de la asignación de recursos sea eficiente, es decir, que se use la menor cantidad posible de bits. En el contexto del ejemplo, esto puede dar como resultado la cantidad más pequeña de sobrecarga de señalización. Es posible que la sobrecarga deba mantenerse pequeña porque quita la capacidad del tráfico real de la carga útil.

[54] El requisito secundario puede ser que los procedimientos de codificación y decodificación sean simples. Esto puede dar como resultado un software integrado y/o unos circuitos transmisor y receptor más pequeños y más simples.

5 **[55]** El tercer requisito puede ser que la decodificación sea lo suficientemente simple como para ser comprensible de inmediato por un humano. Esto puede ser útil para supervisar e interpretar el tráfico de SDMA, así como para la depuración en caso de que el sistema de comunicación no funcione correctamente.

10 **[56]** La lista de asignaciones de recursos mencionada anteriormente representa una codificación válida en sí misma. Se pueden requerir tres números decimales del conjunto $\{0,1,2\}$ para describir todas las codificaciones posibles. Sin embargo, se puede aplicar una restricción para usar esquemas de codificación binarios, que son más prácticos en el contexto de los sistemas de comunicación digital. Se puede observar que las asignaciones de recursos enumeradas se pueden codificar como tres números de 2 bits. Entonces, el total de seis bits puede ser necesario para codificar las diez asignaciones de recursos enumeradas anteriormente.

15 **[57]** En general, pueden requerirse $N \times \lceil \log_2 S \rceil$ bits para describir todas las asignaciones. En el ejemplo $N = 3$, $S = 2$, la codificación propuesta puede no ser lo suficientemente eficiente. El número mínimo de bits para codificar las diez asignaciones posibles puede ser $\lceil \log_2 10 \rceil = 4$ bits. Por lo tanto, la eficiencia de este procedimiento puede ser igual a $4/6 = 67\%$.

20 **[58]** La razón de la ineficiencia es que algunas palabras de código pueden representar una asignación ilegal. Por ejemplo, dado que $S = 2$, no es posible asignar tres secuencias espaciales a un solo usuario. Por lo tanto, las palabras de código 11xxxx, xxlxx y xxx11 no se pueden usar (los bits etiquetados como "x" pueden ser 0 o 1). Además, esta codificación particular no considera que la suma de los recursos disponibles sea menor o igual a S . Todas las palabras de código para las cuales no se cumpla esta condición permanecerán sin usarse.

25 **[59]** Por otro lado, este enfoque de codificación puede ser simple de implementar ya que solo puede comprender la concatenación de la representación binaria de las tuplas de asignación. El proceso inverso de decodificación también puede ser trivial. Además, el código puede ser casi directamente legible por humanos.

30 **[60]** En otro aspecto de la presente divulgación, el código puede definirse por su procedimiento de codificación. Para cada elemento en la tupla de asignación, los s_i bits de salida se pueden establecer en "1" y un bit de salida se puede establecer en "0". Los valores de bit "1" y "0" pueden usarse al revés, pero se puede adoptar la convención de que el valor de "1" puede representar una secuencia espacial y el valor de "0" puede usarse como un símbolo de separación para delinear la asignación entre usuarios sucesivos. En el ejemplo donde $N = 3$, $S = 2$, las posibles asignaciones de recursos pueden codificarse como se ilustra en la FIG. 9A.

35 **[61]** En general, dado que puede haber N usuarios, las palabras de código pueden comprender N bits cero. Ya que pueden asignarse hasta S secuencias espaciales, las palabras de código pueden comprender hasta S bits uno. El código puede por consiguiente tener como máximo $N + S$ bits de longitud y al menos N bits de longitud. Se puede observar que el código propuesto puede tener una longitud variable.

40 **[62]** Como es evidente tanto por el procedimiento de codificación como por la lista a modo de ejemplo de la FIG. 9A, el último bit de este código puede ser siempre cero. Por lo tanto, este bit puede no contener información y puede omitirse. Esto puede reducir la longitud máxima del código a $N + S - 1$ bits. En el ejemplo $N = 3$, $S = 2$, la lista de palabras de código puede llegar a ser como se ilustra en la FIG. 9B.

45 **[63]** Si el decodificador conoce el valor de S , el código puede acortarse aún más terminando el código después de que se hayan asignado todas las secuencias espaciales disponibles, es decir, cuando se hayan gastado S bits. Por lo tanto, para el ejemplo $N = 3$, $S = 2$, la lista de palabras de código puede llegar a ser como se ilustra en la FIG. 9C. Al aplicar esto, la longitud media de la palabra de código puede disminuir, pero la longitud máxima de la palabra de código puede permanecer igual.

50 **[64]** Si el decodificador conoce el valor de S , el código puede acortarse aún más terminando el código después de que se hayan asignado todas las secuencias espaciales disponibles, es decir, cuando se hayan gastado S bits. Por lo tanto, para el ejemplo $N = 3$, $S = 2$, la lista de palabras de código puede llegar a ser como se ilustra en la FIG. 9C. Al aplicar esto, la longitud media de la palabra de código puede disminuir, pero la longitud máxima de la palabra de código puede permanecer igual.

55 **[64]** Cuando (como es en general el caso) está disponible un número fijo de bits de señalización, el código original (no acortado) puede extenderse a la longitud deseada como se ilustra en la FIG. 9D. Puede que no sea posible usar 1 para la extensión del código ya que eso daría lugar a palabras de código ambiguas. Por ejemplo, el segundo y tercer código en la lista de la FIG. 9D pueden ser iguales a $\{0\ 0\ 1\ 1\}$. Esto se debe a que los bits cero pueden utilizarse como separadores entre las asignaciones de los usuarios, y es inofensivo incluir un separador adicional. Por otro lado, los 1's pueden codificar recursos reales y agregar un bit puede cambiar la asignación del último usuario.

60 **[65]** En el ejemplo $N = 3$, $S = 2$, la longitud del código $N + S - 1 = 4$ pasa a ser igual al mínimo teórico de cuatro bits. En general, esto puede no ser cierto. Para probar esto, primero se calcula la cantidad mínima requerida de bits que pueden ser necesarios en el caso general. Se puede considerar el código de longitud variable original, no acortado, pero el código puede ahora extenderse con 1 a una longitud de $N + S$ bits, como se ilustra en la FIG. 9E.

65

[66] Cada palabra de código ahora puede comprender exactamente S bits uno. Esto se debe a que los 1 que se anexan pueden representar los recursos no asignados y la suma de los recursos asignados y no asignados puede ser exactamente igual a S . El número de ceros en el código puede ser igual a N . El número de palabras de código posibles puede ser, por lo tanto, igual a:

$$\binom{N+S}{N} = \frac{(N+S)!}{N!S!} \quad (1)$$

[67] Para codificar todas las combinaciones, pueden ser necesarios $\lceil \log_2 \frac{(N+S)!}{N!S!} \rceil$ bits. En el $N = 3, S = 2$ ejemplo, $5!/3!2! = (5 \cdot 4)/(2 \cdot 1) = 10$ y $\lceil \log_2 10 \rceil = 4$. En un ejemplo diferente cuando $N = S = 8, N+S-1=15$, mientras

$$\left\lceil \log_2 \binom{N+S}{N} \right\rceil = \left\lceil \log_2 12870 \right\rceil = 14.$$

Esto puede dar como resultado una eficiencia de $14/15 = 93\%$. Sin embargo, esta alta eficiencia no siempre se puede lograr. Por ejemplo, cuando $N = 8$ y $S = 2$, entonces $N+S-1 = 9$ y

$$\left\lceil \log_2 \binom{N+S}{N} \right\rceil = \left\lceil \log_2 45 \right\rceil = 6.$$

Por lo tanto, la eficiencia puede ser solo del 67%.

[68] Se puede observar que este procedimiento de codificación particular puede ser más eficiente cuando $N=S$, con una longitud de código asociada de $2N-1$. Cuando $N=S$, a medida que N aumenta, la eficiencia de este código puede aproximarse al 100%, como se ilustra en la FIG. 10.

[69] La simplicidad de codificación y decodificación de este código particular puede ser menor que la del primer procedimiento de codificación. El proceso de codificación y decodificación puede requerir un análisis en serie de la secuencia de bits, y por lo tanto puede ser de una complejidad mayor que la codificación del primer código propuesto que puede realizarse para cada usuario independientemente y en paralelo. La legibilidad del código propuesto es buena, y es posiblemente mejor que la del primer código, ya que implica contar series de 1 por 0, en lugar de convertir los números de bases binarias a decimales.

[70] Todavía otro procedimiento para codificar asignaciones de secuencia espacial puede implicar enumerar todas las asignaciones posibles y representar los números ordinales en forma binaria, como se ilustra en la FIG. 9F. Claramente, la eficiencia es siempre del 100%, pero la legibilidad es inexistente. Sin embargo, la codificación y decodificación pueden implementarse usando un algoritmo recursivo.

[71] Para explicar este procedimiento de codificación (es decir, el código III propuesto), es beneficioso referirse nuevamente al segundo código propuesto (es decir, el código II). En lugar de considerar todas las posibles tuplas de asignación, es equivalente a mirar todas las palabras de código posibles. En otras palabras, la asignación de recursos a codificar utilizando el código III se puede traducir primero al código II.

[72] La palabra de código de tipo II puede comenzar con un bit cero o con un bit uno. Un bit cero puede referirse al caso cuando no se asignan recursos a un primer usuario. Por otro lado, un bit uno puede representar una secuencia espacial única asignada al primer usuario. El resto de la palabra de código se puede interpretar ahora como una palabra de código para un problema de asignación de recursos reducido.

[73] En el primer caso, cuando no se asignan recursos al primer usuario, puede haber $N-1$ usuarios disponibles

con S secuencias espaciales a la izquierda. Por lo tanto, puede haber $\binom{N+S-1}{S}$ posibilidades dejadas para este caso. En el segundo caso, cuando se asigna una secuencia espacial al primer usuario, puede haber N usuarios

disponibles con $S-1$ secuencias espaciales restantes. Por lo tanto, puede haber $\binom{N+S-1}{S-1}$ posibilidades para este resto.

[74] En el ejemplo $N = 3, S = 2$, cuando la palabra de código comienza con "0", entonces puede haber $\binom{4}{2} = 6$

palabras de código restantes. Cuando la palabra de código comienza con "1", entonces puede haber $\binom{4}{1} = 4$ palabras de código restantes. De hecho, en la lista de tuplas de asignación puede haber seis asignaciones con cero recursos asignados al primer usuario (las primeras seis palabras de código en la lista ilustrada en la FIG. 9F), y

puede haber cuatro palabras de código (los cuatro elementos restantes en la lista de palabras de código ilustradas en la FIG. 9F) en las que el primer usuario tiene uno o dos recursos asignados.

5 **[75]** En el primer caso, el número ordinal puede estar en el rango de 0 a 5, y en el segundo caso el número ordinal puede estar en el rango de 6 a 9. En el primer caso, las palabras de código pueden convertirse en 0 más el valor ordinal del código de tipo III más pequeño con $N = 2$ y $S = 2$. En el segundo caso, las palabras de código pueden llegar a ser 6 más el valor ordinal del código de tipo III más pequeño con $N = 2$ y $S = 1$.

10 **[76]** El procedimiento de codificación puede implementarse recursivamente. El codificador puede aceptar como entrada el código original (véase la FIG. 9A), el código acortado (véase la FIG. 9B), el código acortado adicional (véase la FIG. 9C) o el código de tipo II extendido (véase la FIG. 9D). El proceso de descodificación también puede implementarse recursivamente como el procedimiento inverso al procedimiento de codificación.

15 **[77]** Se puede observar que no es necesario codificar todas las asignaciones de secuencias espaciales. Por ejemplo, la tupla con todo cero puede no requerirse nunca en la aplicación SDMA, y por lo tanto no tendría sentido codificarla. Para los códigos de tipo I y tipo II, esto significaría que las palabras de código totalmente cero pueden simplemente omitirse. Para la codificación de tipo III, la codificación 0 puede omitirse o los números ordinales pueden desplazarse de manera que la primera asignación utilizada tenga el valor ordinal de 0.

20 **[78]** La restricción adicional en las asignaciones de recursos puede ser limitar el número de secuencias espaciales asignadas a cualquier usuario. En el contexto del sistema SDMA, una estación individual puede no ser capaz de descodificar, por ejemplo, más de T secuencias espaciales. Por lo tanto, la restricción adicional puede ser $s_i \leq T \leq S$. Más genéricamente, puede ser posible tener una restricción por usuario $s_i \leq T_i \leq S$.

25 **[79]** Dado que esto puede limitar el número de asignaciones factibles, el número de palabras de código puede ser más pequeño que el número de palabras de código en los códigos descritos anteriormente. Obviamente, los códigos y sus procedimientos de descodificación y codificación asociados todavía se pueden emplear, mientras que un cierto número de palabras de código simplemente puede permanecer sin usar. En ciertos aspectos, esto se puede realizar sin afectar el número de palabras de código. Por ejemplo, se puede considerar un sistema SDMA con $N=4$ usuarios, $S=8$ secuencias espaciales y hasta cuatro secuencias espaciales por usuario, es decir, $T = 4$. Sin restricción (es decir, $T=8$) puede haber 495 palabras de código, que pueden codificarse utilizando el código III y $\lceil \log_2 495 \rceil = 9$ bits. Cuando $T=4$, la cantidad de códigos factibles se puede reducir a 355. Sin embargo, $\lceil \log_2 355 \rceil = 9$ también. Por lo tanto, el código III puede usarse sin pérdida de eficiencia. El código II también se puede usar, pero dado que puede requerir $N + S - 1 = 11$ bits, tiene una eficiencia reducida del 82 % ya que la restricción por usuario de secuencias espaciales T no reduce el número de bits requeridos para la codificación.

35 **[80]** Los procedimientos de codificación propuestos se pueden clasificar de acuerdo con los criterios de eficiencia, simplicidad y legibilidad, como se ilustra en la FIG. 11. También se muestra si el codificador o descodificador correspondiente requiere el conocimiento de N , S o ambos. El símbolo de asterisco * en la FIG. 11 representa el uso del código no acortado de la FIG. 9A. El código acortado puede requerir el conocimiento de S . El símbolo de asterisco doble ** en la FIG. 11 indica que los valores de N y S pueden obtenerse del código de tipo II, que puede usarse como un paso intermedio en el proceso de codificación. Por lo tanto, la combinación del codificador tipo II y tipo III puede no necesitar ningún conocimiento de S y N . Sin embargo, esto puede no ser posible para el descodificador. Por ejemplo, los casos $N=6$, $S=2$ y $N=2$, $S=6$ y $N=3$, $S=2$ y $N=2$, $S=3$, pueden requerir cuatro bits para codificar. Por lo tanto, a partir de la longitud del código en sí, no pueden obtenerse los valores de N y S . Incluso el conocimiento de N o S puede no ser suficiente. Por ejemplo, si se sabe que la longitud del código es cuatro y $S=2$, entonces el valor de N puede ser todavía cuatro o tres. Del mismo modo, si se sabe que la longitud del código es cuatro y $N=2$, entonces el valor de S puede ser todavía tres o cuatro.

50 **[81]** Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse mediante cualquier medio adecuado capaz de realizar las funciones correspondientes. Los medios pueden incluir diversos componente(s) y/o módulo(s) de hardware y/o software que incluya(n), pero no se limite(n) a, un circuito, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) o un procesador. En general, cuando haya operaciones ilustradas en Figuras, estas operaciones pueden tener componentes homólogos y medios más funciones correspondientes, con una numeración similar. Por ejemplo, las operaciones 500, 600 y 700 ilustradas en las FIGs. 5, 6 y 7 corresponden a los componentes 500A, 600A y 700A ilustrados en las FIGs. 5A, 6A y 7A.

55 **[82]** Como se usa en el presente documento, el término "determinar" engloba una amplia variedad de acciones. Por ejemplo, "determinar" puede incluir calcular, computar, procesar, obtener, investigar, consultar (por ejemplo, consultar una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), averiguar y similares. "Determinar" puede incluir también recibir (por ejemplo, recibir información), acceder (por ejemplo, acceder a datos en una memoria) y similares. "Determinar" puede incluir también resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

60 **[83]** Como se usa en el presente documento, una frase que haga referencia a "al menos uno de" una lista de elementos se refiere a cualquier combinación de esos elementos, incluyendo elementos individuales. Como ejemplo, "al menos uno entre: a , b o c " está previsto para incluir: a , b , c , $a-b$, $a-c$, $b-c$, y $a-b-c$.

[84] Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden llevarse a cabo por cualquier medio adecuado capaz de llevar a cabo las operaciones, tales como diversos componentes, circuitos y/o módulos de hardware y/o software. En general, cualquier operación ilustrada en las Figuras puede llevarse a cabo mediante medios funcionales correspondientes, capaces de llevar a cabo las operaciones.

[85] Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en conexión con la presente divulgación pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una señal de matriz de puertas programables in situ (FPGA) u otro dispositivo de lógica programable (PLD), lógica de transistor o de puertas discretas, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, micro-controlador o máquina de estados disponible comercialmente. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

[86] Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en conexión con la presente divulgación pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en cualquier forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Algunos ejemplos de medios de almacenamiento que se pueden usar incluyen una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria flash, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, etc. Un módulo de software puede comprender una única instrucción o muchas instrucciones, y puede distribuirse por varios segmentos de código diferentes, entre programas diferentes y a través de múltiples medios de almacenamiento. Un medio de almacenamiento puede estar acoplado a un procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

[87] Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para lograr el procedimiento descrito. Las etapas y/o acciones del procedimiento se pueden intercambiar entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se especifique un orden específico de etapas o acciones, el orden y/o el uso de etapas y/o acciones específicas se pueden modificar sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

[88] Las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, tales medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otros dispositivos de almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para transportar o almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Los discos, como se usa en el presente documento, incluyen un disco compacto (CD), un disco láser, un disco óptico, un disco versátil digital (DVD), un disco flexible y un disco Blu-ray®, donde algunos discos reproducen usualmente los datos magnéticamente, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres.

[89] Por lo tanto, ciertos aspectos pueden comprender un producto de programa informático para llevar a cabo las operaciones presentadas en el presente documento. Por ejemplo, dicho producto de programa informático puede comprender un medio legible por ordenador que tenga instrucciones almacenadas (y/o codificadas) en el mismo, siendo las instrucciones ejecutables por uno o más procesadores para realizar las operaciones descritas en el presente documento. En determinados aspectos, el producto de programa informático puede incluir material de embalaje.

[90] El software o las instrucciones pueden transmitirse también por un medio de transmisión. Por ejemplo, si el software se transmite desde una página de la Red, un servidor u otro origen remoto usando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas se incluyen en la definición de medio de transmisión.

[91] Además, debería apreciarse que los módulos y/u otros medios apropiados para realizar los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento pueden descargarse y/u obtenerse de otra forma por un terminal de usuario y/o una estación base según corresponda. Por ejemplo, un dispositivo de este tipo puede estar acoplado a un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en el presente

5 documento. De manera alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento se pueden proporcionar a través de medios de almacenamiento (por ejemplo, RAM, ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco flexible, etc.), de manera que un terminal de usuario y/o una estación base puedan obtener los diversos procedimientos tras acoplarse o proporcionar los medios de almacenamiento al dispositivo. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar a un dispositivo los procedimientos y técnicas descritos en el presente documento.

10 **[92]** Se entenderá que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración y a los componentes precisos ilustrados anteriormente. Se pueden realizar diversas modificaciones, cambios y variaciones en la disposición, en el funcionamiento y en los detalles de los procedimientos y de los aparatos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

15 **[93]** Aunque lo anterior está dirigido a los aspectos de la presente divulgación, pueden contemplarse aspectos diferentes y adicionales de la divulgación sin apartarse del alcance básico de la misma, y el alcance de la misma está determinado por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (500, 700) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
 - 5 generar (702) una trama que comprende un identificador, ID, de grupo, en el que el ID de grupo especifica los ID asignados a los aparatos de manera que los números de secuencias espaciales se asignan a los aparatos en un orden definido;
 - 10 transmitir (704) la trama a los aparatos;
 - 15 generar (502) un preámbulo que comprende un campo de señal, SIG, en el que el campo SIG comprende una pluralidad de bits que indican un número y asignación de secuencias espaciales para una pluralidad de aparatos sin identificar explícitamente cada aparato, en el que la pluralidad de bits representa un código;
 - 20 diferentes valores del mapa de códigos para diferentes combinaciones de números de secuencias espaciales asignadas a diferentes números de aparatos, en el que los números de secuencias espaciales en cada una de las diferentes combinaciones están en dicho orden definido; y
 - 25 transmitir (504) el preámbulo a los aparatos.
2. El procedimiento (500, 700) de la reivindicación 1, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no creciente.
- 25 3. El procedimiento (500, 700) de la reivindicación 1, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no decreciente.
4. Un aparato (500A, 700A) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
 - 30 medios (702A) para generar una trama que comprende un identificador, ID, de grupo en el que el ID de grupo especifica ID asignados a los otros aparatos de modo que los números de secuencias espaciales se asignan a los otros aparatos en un orden definido;
 - 35 medios (504A, 704A) para transmitir la trama a los otros aparatos;
 - 40 medios (502A) para generar un preámbulo que comprende un campo de señal, SIG, en el que el campo SIG comprende una pluralidad de bits que indican un número y asignación de secuencias espaciales para una pluralidad de otros aparatos sin identificar explícitamente cada uno de los otros aparatos, en el que:
 - 45 la pluralidad de bits representa un código;
 - diferentes valores del mapa de códigos para diferentes combinaciones de números de secuencias espaciales asignadas a diferentes números de otros aparatos, en el que los números de secuencias espaciales en cada una de las diferentes combinaciones están en dicho orden definido; y
 - 50 los medios (504A) para transmitir además configurados para transmitir el preámbulo a los otros aparatos.
5. El aparato (500A) de la reivindicación 4, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no creciente.
6. El aparato (500A) de la reivindicación 4, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no decreciente.
- 55 7. Un procedimiento (600) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
 - 60 recibir (602), en un aparato, un preámbulo transmitido al aparato y a otros aparatos, comprendiendo dicho preámbulo un campo de señal, SIG, en el que el campo SIG comprende una pluralidad de bits que indican un número y asignación de secuencias espaciales para una pluralidad de aparatos sin identificar explícitamente cada aparato, en el que:
 - 65 la pluralidad de bits representa un código;
 - diferentes valores del mapa de códigos para diferentes combinaciones de números de secuencias espaciales asignadas a diferentes números de otros aparatos, en el que los números de secuencias espaciales en cada una de las diferentes combinaciones están en un orden definido; y

recibir, en el aparato, una trama transmitida al aparato y a los otros aparatos, comprendiendo dicha trama un identificador, ID, de grupo,

5 en el que el ID de grupo especifica los ID asignados a los aparatos de modo que los números de secuencias espaciales se asignan a los aparatos en el orden definido

determinar (604), basándose en la pluralidad de bits, qué secuencias espaciales están asignadas al aparato.

10 8. El procedimiento (600) de la reivindicación 7, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no creciente.

15 9. El procedimiento (600) de la reivindicación 7, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no decreciente.

10. Un aparato (600A) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:

20 medios (602A) para recibir un preámbulo transmitido al aparato y a otros aparatos, comprendiendo dicho preámbulo un campo de señal, SIG, en el que el campo SIG comprende una pluralidad de bits que indican un número y asignación de secuencias espaciales para una pluralidad de aparatos sin identificar explícitamente cada aparato, en el que:

25 la pluralidad de bits representa un código;

diferentes valores del mapa de códigos para diferentes combinaciones de números de secuencias espaciales asignadas a diferentes números de aparatos, en el que los números de secuencias espaciales en cada una de las diferentes combinaciones están en un orden definido; y

30 los medios (602A) para recibir están configurados además para recibir una trama transmitida al aparato y a los otros aparatos, comprendiendo dicha trama un identificador, ID, de grupo, y

35 en el que el ID de grupo especifica los ID asignados a los aparatos de modo que los números de secuencias espaciales se asignan a los aparatos en el orden definido

medios (604A) para determinar, basándose en la pluralidad de bits, qué secuencias espaciales están asignadas al aparato.

40 11. El aparato (600A) de la reivindicación 10, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no creciente.

12. El aparato (600A) de la reivindicación 10, en el que el orden definido comprende los números de secuencias espaciales listados en orden no decreciente.

45 13. Un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas, que comprende un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para llevar a cabo los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 o 7 a 9.

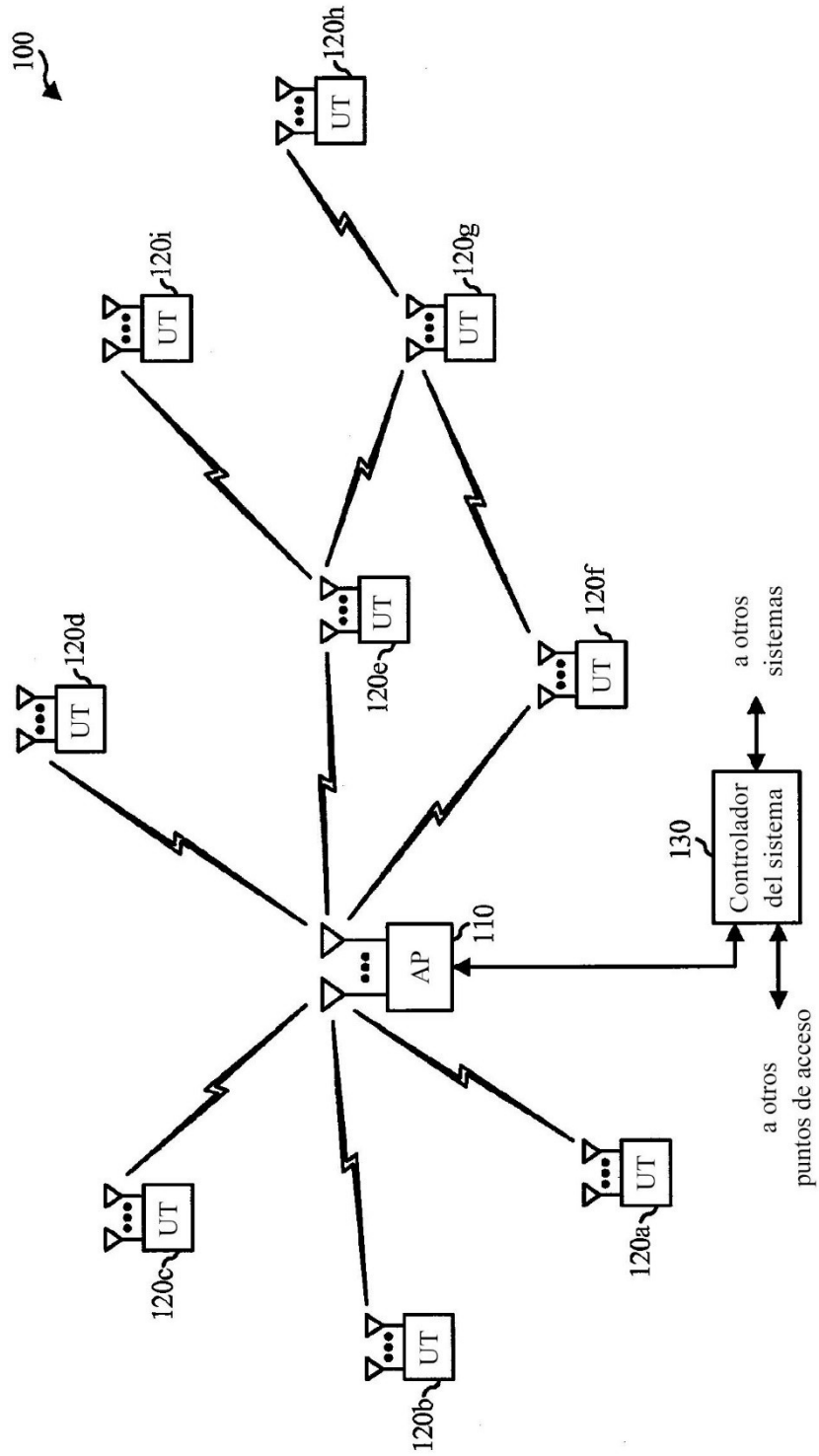


FIG. 1

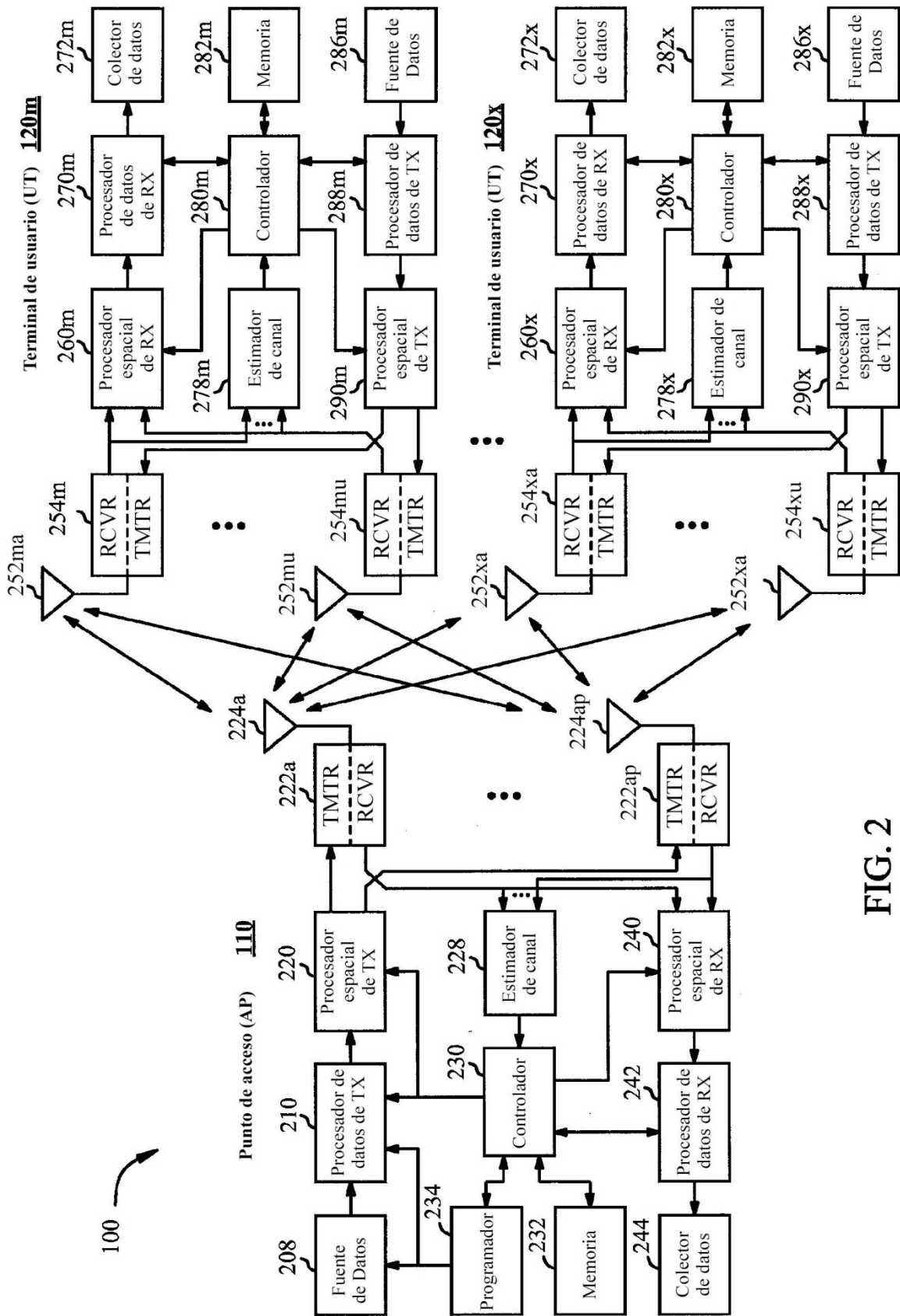


FIG. 2

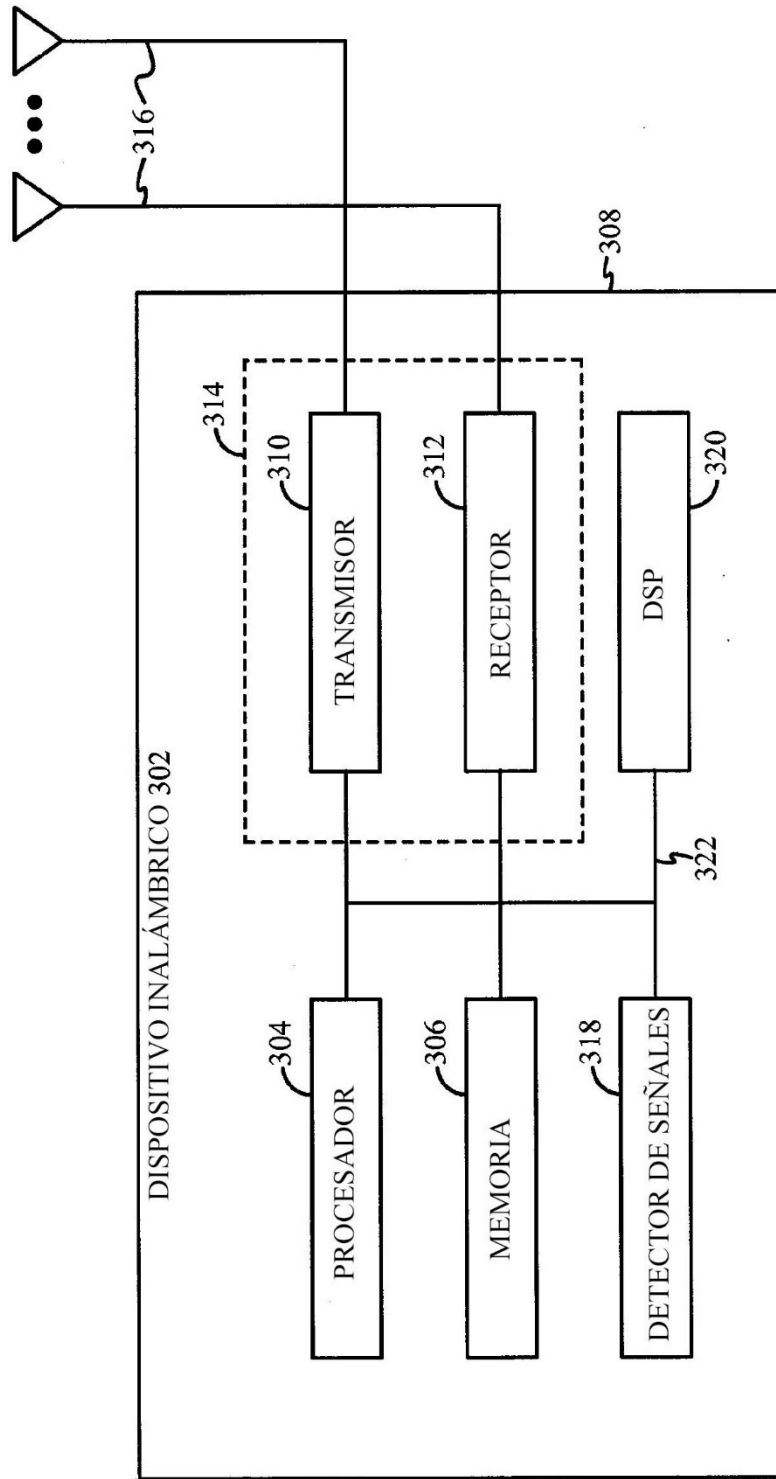


FIG. 3

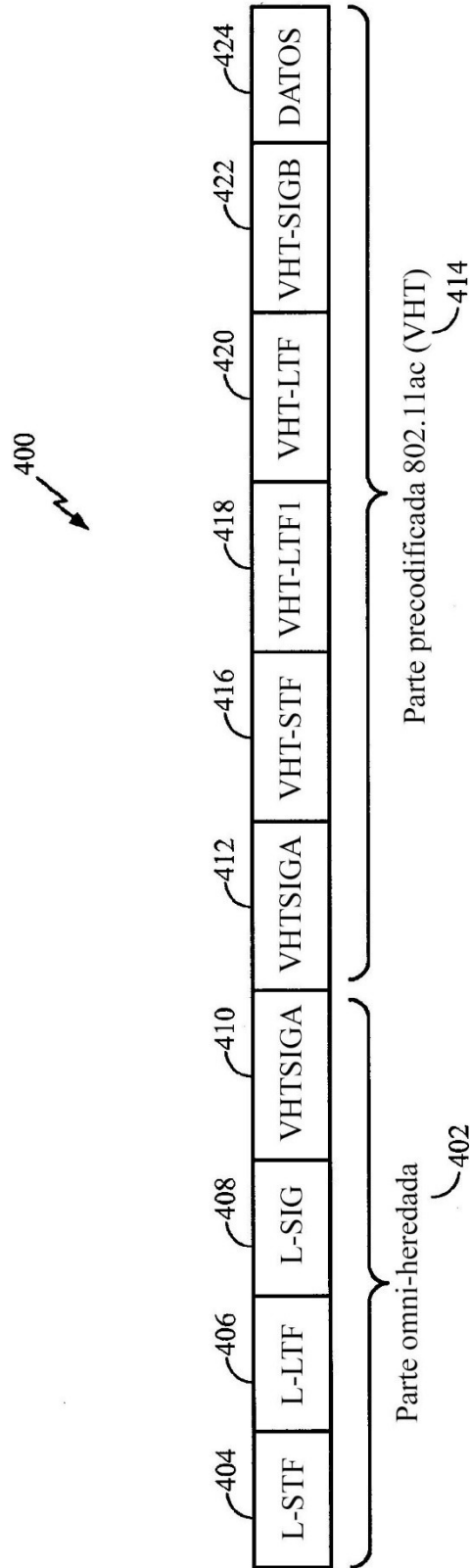


FIG. 4

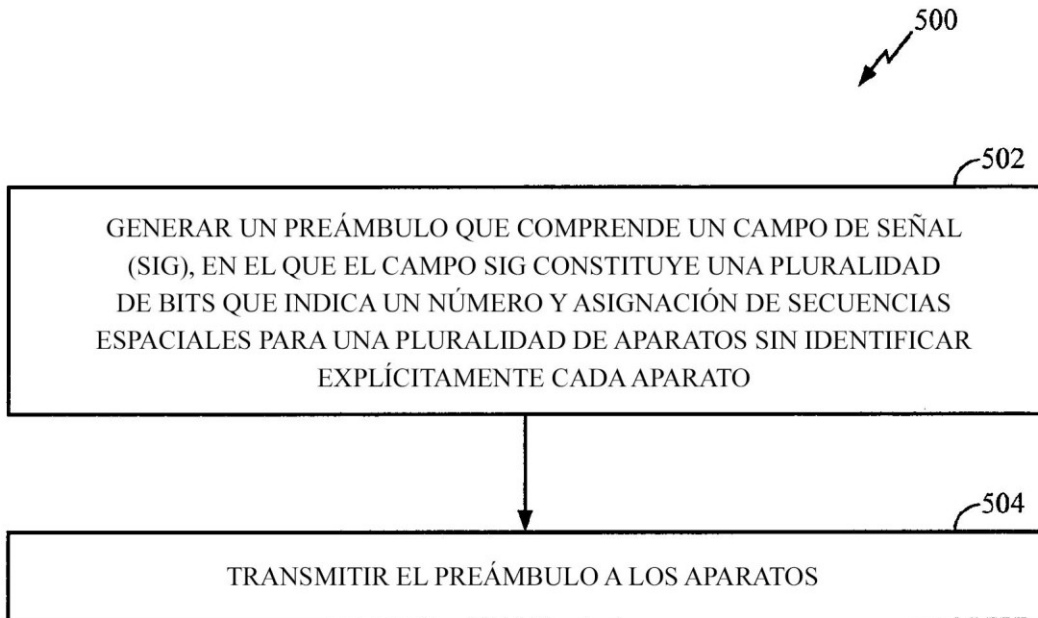


FIG. 5

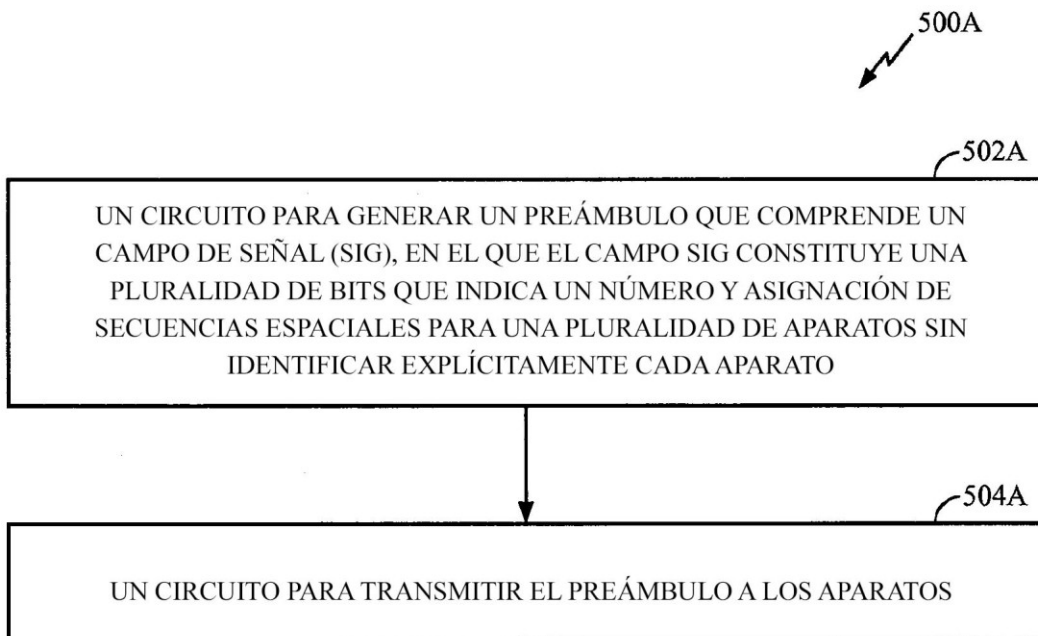


FIG. 5A

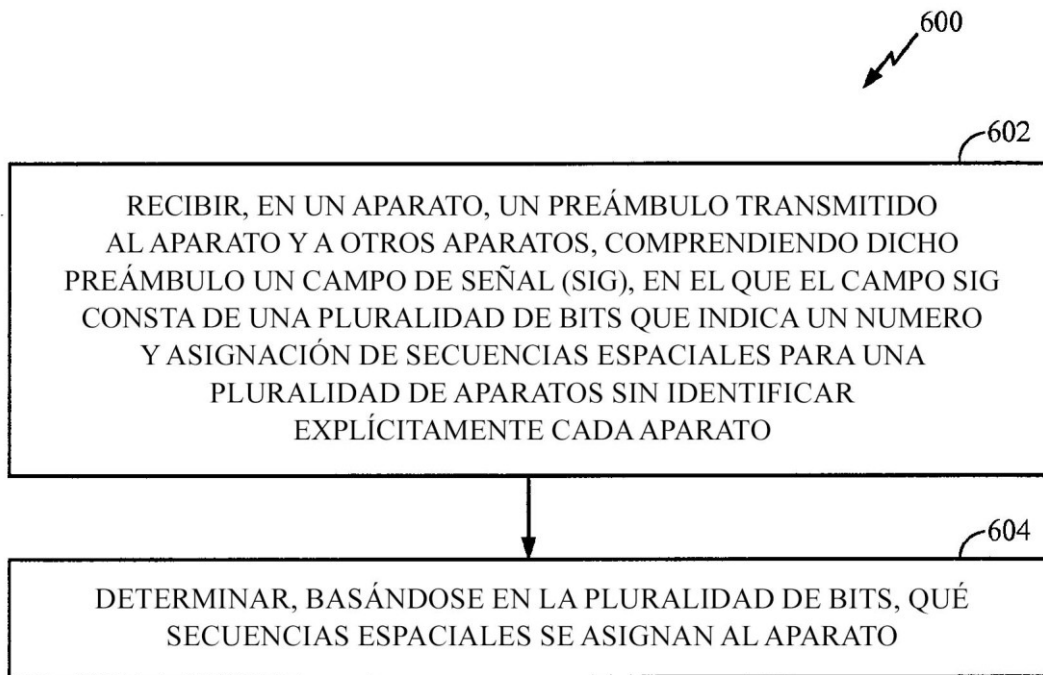


FIG. 6

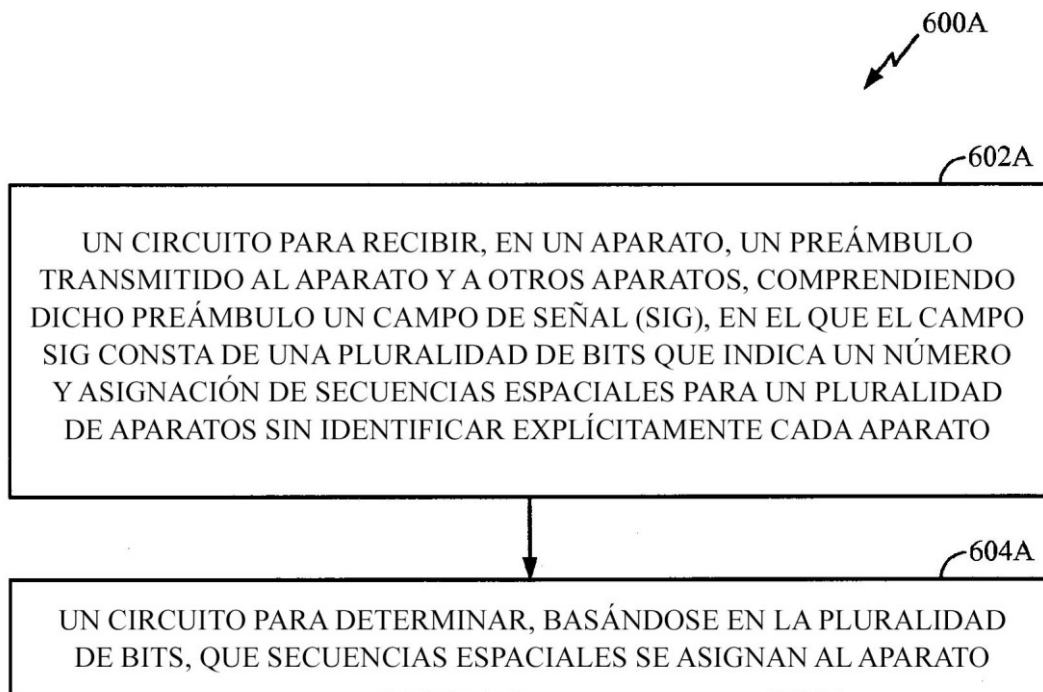


FIG. 6A

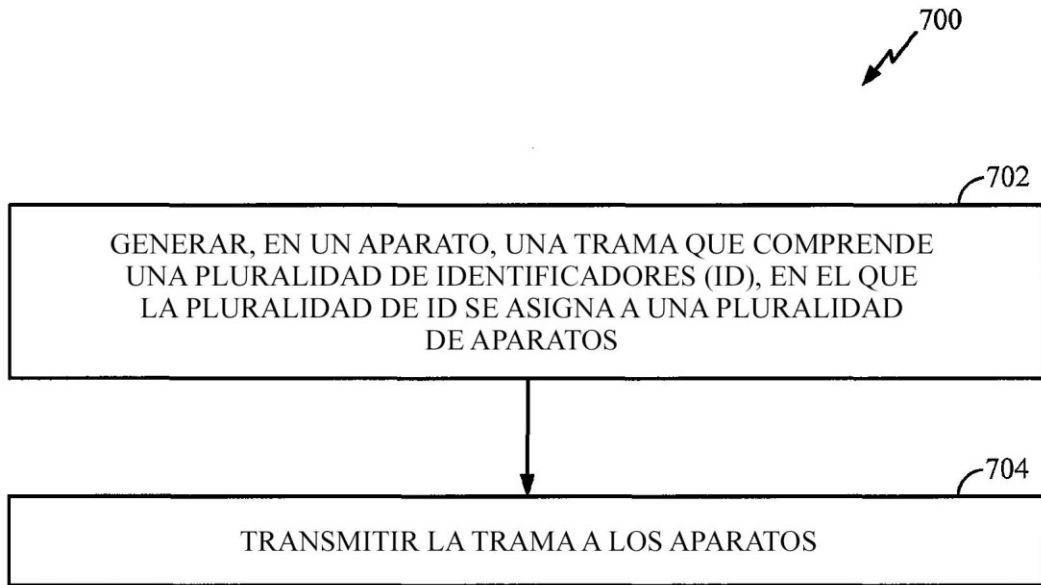


FIG. 7

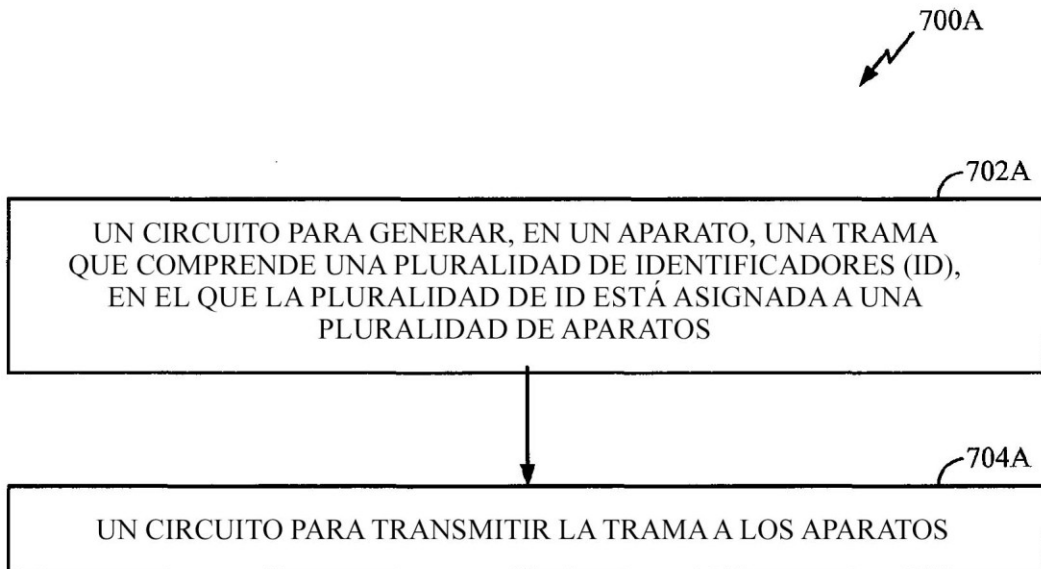


FIG. 7A

0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	4	2	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	0	0	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	0	0	5	1	1	1	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	0	0	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0
2	2	1	1	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	1	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	1	1	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	0	0	0	0	0	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0
2	2	2	1	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	1	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0									
3	1	1	0	0	0	0	0	0									
3	1	1	1	0	0	0	0	0									
3	1	1	1	1	0	0	0	0									
3	1	1	1	1	1	0	0	0									
3	2	0	0	0	0	0	0	0									
3	2	1	0	0	0	0	0	0									
3	2	1	1	0	0	0	0	0									

FIG. 8

$(0, 0, 0) \rightarrow 0\ 0\ 0$
 $(0, 0, 1) \rightarrow 0\ 0\ 1\ 0$
 $(0, 0, 2) \rightarrow 0\ 0\ 1\ 1\ 0$
 $(0, 1, 0) \rightarrow 0\ 1\ 0\ 0$
 $(0, 1, 1) \rightarrow 0\ 1\ 0\ 1\ 0$
 $(0, 2, 0) \rightarrow 0\ 1\ 1\ 0\ 0$
 $(1, 0, 0) \rightarrow 1\ 0\ 0\ 0$
 $(1, 0, 1) \rightarrow 1\ 0\ 0\ 1\ 0$
 $(1, 1, 0) \rightarrow 1\ 0\ 1\ 0\ 0$
 $(2, 0, 0) \rightarrow 1\ 1\ 0\ 0\ 0$

FIG. 9A

0 0
 0 0 1
 0 0 1 1
 0 1 0
 0 1 0 1
 0 1 1 0
 1 0 0
 1 0 0 1
 1 0 1 0
 1 1 0 0

FIG. 9B

0 0
 0 0 1
 0 0 1 1
 0 1 0
 0 1 0 1
 0 1 1 0
 1 0 0
 1 0 0 1
 1 0 1 0
 1 1 0 0

FIG. 9C

0 0 0 0
 0 0 1 0
 0 0 1 1
 0 1 0 0
 0 1 0 1
 0 1 1 0
 1 0 0 0
 1 0 0 1
 1 0 1 0
 1 1 0 0

FIG. 9D

(0, 0, 0) → 0 0 0 1 1
 (0, 0, 1) → 0 0 1 0 1
 (0, 0, 2) → 0 0 1 1 0
 (0, 1, 0) → 0 1 0 0 1
 (0, 1, 1) → 0 1 0 1 0
 (0, 2, 0) → 0 1 1 0 0
 (1, 0, 0) → 1 0 0 0 1
 (1, 0, 1) → 1 0 0 1 0
 (1, 1, 0) → 1 0 1 0 0
 (2, 0, 0) → 1 1 0 0 0

FIG. 9E

(0, 0, 0) → 0 → 0 0 0 0
 (0, 0, 1) → 1 → 0 0 0 1
 (0, 0, 2) → 2 → 0 0 1 0
 (0, 1, 0) → 3 → 0 0 1 1
 (0, 1, 1) → 4 → 0 1 0 0
 (0, 2, 0) → 5 → 0 1 0 1
 (1, 0, 0) → 6 → 0 1 1 0
 (1, 0, 1) → 7 → 0 1 1 1
 (1, 1, 0) → 8 → 1 0 0 0
 (2, 0, 0) → 9 → 1 0 0 1

FIG. 9F

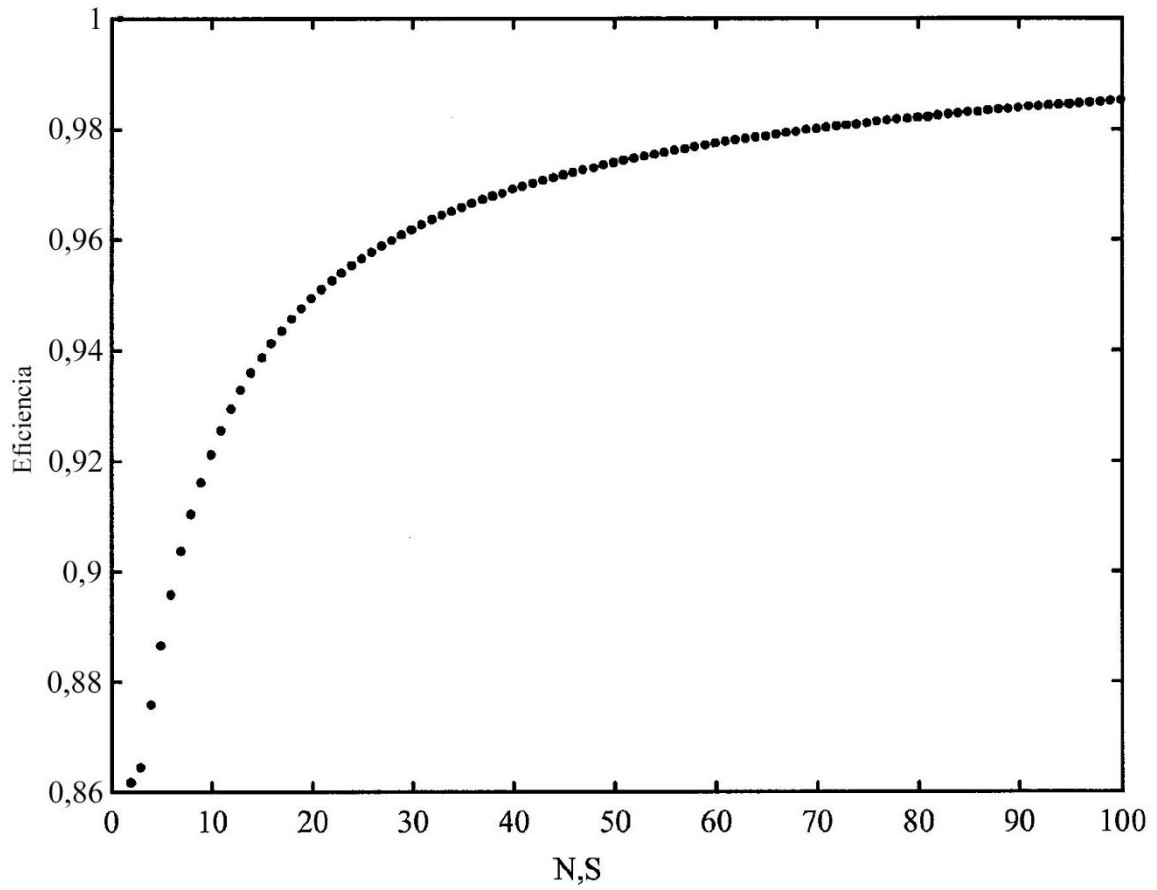


FIG. 10

Codificación	Eficiencia	Sencillez	Legibilidad	El codificador requiere	El descodificador requiere
I	Bajo	Alto	Bueno	S	S
II	Bueno	Medio	Bueno	ninguno	Ninguno*
III	Óptimo	Bajo	ninguno	N y S**	N y S

FIG. 11