

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 142**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2007 PCT/US2007/087499**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.07.2008 WO08082909**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2007 E 07865670 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2098032**

54 Título: **Descodificación de señal eficiente en sistemas de comunicación MIMO**

30 Prioridad:

29.12.2006 US 618671

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

08.04.2019

73 Titular/es:

**GUANGDONG OPPO MOBILE
TELECOMMUNICATIONS CORP., LTD. (100.0%)
No. 18 Haibin Road, Wusha, Chang'an, Dongguan
Guangdong 523860, CN**

72 Inventor/es:

HEN, ILAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 708 142 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

Descodificación de señal eficiente en sistemas de comunicación MIMO

5 Campo técnico

Varias realizaciones descritas en el presente documento se refieren en general a comunicaciones inalámbricas y, más particularmente, a métodos y aparatos de descodificación para sistemas de comunicación MIMO.

10 Antecedentes

Los dispositivos de computación se han convertido en una parte ubicua de la vida diaria de cada usuario. Ya sean inalámbricos o cableados, estos dispositivos han aumentado la productividad diaria de esos usuarios. En el ámbito inalámbrico, un teléfono celular, un ordenador portátil con capacidad de fidelidad inalámbrica (Wi-Fi), una conexión de banda ancha inalámbrica para su hogar o un Asistente digital personal (PDA) con capacidad inalámbrica permiten que el usuario se conecte a una red inalámbrica continuamente. Durante la última década, se estableció que los sistemas de comunicaciones que emplean la arquitectura MIMO, la arquitectura en la que la transmisión y la recepción se llevan a cabo a través de múltiples antenas, son sistemas superiores con respecto a la confiabilidad, rendimiento y consumo de energía.

20 El documento PIRKKA SILVOLA ET AL: "Sub-Optimal Soft- Output MAP Detector with Lattice Reduction in MIMO-OFDM System", IEEE 17TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, 1 de septiembre de 2006, páginas 1-5, divulga el uso de reducciones de celosía (LR) para la detección de señales en sistemas de múltiples antenas.

25 Resumen

Se proporciona un receptor para un sistema de comunicaciones MIMO como se establece en la reivindicación 1, y un método en un sistema de comunicaciones MIMO como se expone en la reivindicación 7. Realizaciones preferidas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes. La presente invención se define por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. A continuación, cualquier realización a la que se hace referencia y que no esté dentro del alcance de dichas reivindicaciones adjuntas debe interpretarse como ejemplo(s) útil(es) para comprender la presente invención.

35 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, que no están necesariamente dibujados a escala, los números similares describen componentes sustancialmente similares en las distintas vistas. Los números similares que tienen diferentes sufijos de letras representan diferentes instancias de componentes sustancialmente similares. Los dibujos ilustran en general, a modo de ejemplo, pero no a modo de limitación, varias realizaciones descritas en el presente documento.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de alto nivel de un sistema de comunicaciones inalámbricas de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

45 La figura 2 muestra un diagrama de bloques de alto nivel de un aparato de acuerdo con realizaciones de la presente invención; y

La figura 3 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

50 Descripción detallada

En la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la invención, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte del presente documento, y en los que se muestran, a modo de ilustración, realizaciones preferidas específicas en las que se puede practicar la materia objeto. Estas realizaciones se describen con suficiente detalle para permitir a los expertos en la materia practicarlas, y debe entenderse que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden realizarse cambios lógicos, mecánicos y eléctricos sin apartarse del espíritu y alcance de la presente divulgación. La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas y se limita solamente por su alcance.

60 La figura 1 es un diagrama de bloques de alto nivel de un sistema de comunicaciones inalámbricas de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En una realización, un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas incluye un módulo 102 de descodificación, una pluralidad de antenas 104 de transmisión y un dispositivo 106 central. Para los fines de ilustración en la presente discusión, se utilizarán un sistema MIMO 2x2, dos antenas de transmisión y dos antenas de recepción, aunque el aparato y los métodos aquí descritos son igualmente aplicables a cualquier disposición de un sistema MIMO. Las señales inalámbricas recibidas por la pluralidad de antenas de recepción pueden diferir debido a la separación espacial de las antenas, lo que también puede conducir a diferencias temporales. El módulo 102 de descodificación, en una realización, está configurado para recibir las diversas señales 108 inalámbricas

de la pluralidad de antenas de recepción como un conjunto de vectores de señal y emitir una corriente de posibles bits 110 de datos blandos al dispositivo 106 anfitrión.

5 En una realización, el módulo 102 de descodificación está configurado para decodificar una señal 108 inalámbrica codificada y para derivar bits 110 de datos de software contenidos dentro de la señal 108 inalámbrica codificada. En una realización, la señal inalámbrica codificada puede recibirse desde una red a través de la pluralidad de antenas de recepción. Codificado, como se usa en este documento, significa una señal que no puede ser operada directamente por el sistema 106 anfitrión, y requiere operaciones intermedias para derivar bits de datos que pueden ser operados directamente por el sistema 106 anfitrión. En el contexto de la presente discusión, las operaciones intermedias las realiza el módulo 102 de descodificación, y se denominan colectivamente operaciones de descodificación. La señal 108 inalámbrica codificada es una suma de los datos originales y el ruido recibido por la pluralidad de antenas. Se considera que el ruido es algo recibido por la antena que no forma parte de los datos que se pretende transmitir, y también puede llamarse interferencia. Como los datos originales pueden verse afectados por la matriz de canales, para un sistema MIMO, la señal inalámbrica codificada puede expresarse además como la suma de los datos originales transformados por la matriz de canales y el ruido. Uno de los objetivos del módulo de descodificación es eliminar el ruido para determinar, con una probabilidad razonable, los datos originales transmitidos. El módulo de descodificación, en algunas realizaciones, proporciona al dispositivo huésped una aproximación suave de los bits de datos originales transmitidos.

20 La figura 2 es un diagrama de bloques de alto nivel de un aparato de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En una realización, el módulo 102 de descodificación incluye un módulo 210 de cambio y escala, un módulo 212 de receptor lineal, un módulo 214 generador de listas y un módulo 216 de reducción de celosía. En una realización adicional, el módulo 102 de descodificación incluye un calculador 218 de bits blandos.

25 En una realización, el módulo 216 de reducción de celosía está acoplado al módulo 212 receptor lineal y al módulo 214 generador de listas y está configurado para proporcionar tanto al módulo 212 receptor lineal como al módulo 214 generador de listas una matriz P que se deriva la matriz H del canal. P se deriva de H a través del bien conocido algoritmo LLL (Lenstra-Lenstra-Lavosz) modificado para representar las matrices de valores complejos.

30 En una realización, el módulo 210 de desplazamiento y escala está acoplado a las antenas de recepción y está configurado para recibir un vector de señal de entrada, \underline{y} , transformar el vector de señal en el espacio vectorial complejo. En una realización adicional, el módulo 210 de desplazamiento y escala realiza una transformación lineal en \underline{y} en espacio vectorial complejo que es operable por el módulo 214 generador de lista, como se describirá más adelante. El vector \underline{y}_s de salida es una transformación lineal del vector de entrada desde el espacio vectorial QAM al espacio vectorial complejo de enteros continuos, y puede proporcionarse mediante la siguiente ecuación:

$$\underline{y}_s = 0.5\underline{y} + 0.5H \cdot (\underline{1} + j).$$

40 En una realización, el módulo 212 receptor lineal está acoplado al módulo 210 de desplazamiento y escala y al módulo 214 generador de lista, y está configurado para eliminar la correlación entre los componentes del vector de salida del módulo 210 de cambio y escala. En una realización adicional, el receptor 212 lineal está configurado para multiplicar el vector por \underline{y}_s por una matriz arbitraria A, que puede expresarse como:

$$\underline{z} = A\underline{y}_s$$

45 En el ejemplo específico para el receptor lineal de forzado cero:

$$\underline{z} = (\tilde{H}^* \tilde{H})^{-1} \tilde{H}^* \underline{y}_s$$

50 donde $\tilde{H} = HP$. En una realización adicional, el módulo receptor lineal realiza una operación lineal en la señal y recibida a través de dos o más antenas utilizando una matriz P y genera el valor z, donde la matriz P se genera utilizando un algoritmo de reducción de celosía realizado en una matriz de canales para un canal MIMO.

55 En una realización, el módulo 214 generador de listas está acoplado al módulo 212 receptor lineal y está configurado para recibir un vector desde el módulo 212 receptor lineal y para derivar una lista de posibles vectores de datos a través de operaciones en las que los componentes complejos del vector recibido son aproximados por enteros complejos en el plano complejo. En una realización adicional, el módulo 214 generador de listas descarta posibles vectores de datos en los que ese vector de datos contiene símbolos QAM ilegales. Las operaciones específicas del módulo 214 generador de listas se explicarán con mayor detalle a continuación con referencia a la FIG. 3.

60 El módulo 218 de cálculo de bits blandos, en una realización, está acoplado al módulo 214 generador de listas y recibe una lista de posibles vectores de datos y una métrica correspondiente para cada uno de los posibles vectores de datos. El módulo 218 de cálculo de bits blandos, a través de operaciones estándar, proporciona una aproximación suave de los bits de datos originales. El calculador 220 de bits blandos, en una realización adicional, proporciona una

aproximación suave de los bits de datos originales al sistema 106 central para operaciones adicionales. El módulo 218 de calculador de bits suaves calcula los datos originales, en una realización, de acuerdo con:

$$\hat{b}_{i,j}^{LR} = \min D_{i,j}^0 - \min D_{i,j}^1,$$

5

donde, $D_{i,j}^0$ y $D_{i,j}^1$ son las métricas correspondientes contenidas en la salida del módulo 214 generador de listas.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En una realización, las operaciones representadas en la FIG. 3 se puede llevar a cabo en un módulo 102 de descodificación como se muestra y describe anteriormente. En una realización adicional, las operaciones representadas en la FIG. 3 se llevan a cabo en un módulo 214 generador de lista tal como el descrito anteriormente con respecto a la FIG. 2.

En el bloque 305, el vector z se recibe desde el módulo 212 receptor lineal, la matriz P y la matriz H del canal reducido, se reciben desde el módulo 216 de reducción de celosía, y se ingresan. En una realización, el vector z se define mediante la ecuación:

15

$$\underline{z} = A\underline{v}_s,$$

20

donde A es una matriz arbitraria.

En el bloque 310, se obtienen aproximaciones de enteros del vector \underline{z} . En una realización, las aproximaciones de enteros se llevan a cabo componente por componente sobre los componentes del vector z . El número de aproximaciones de enteros complejos de cada uno de los componentes varía de forma adaptativa. La naturaleza adaptativa de esta operación produce un pequeño número de vectores candidatos para ser seleccionados y procesados. Esto está en oposición a la operación de descodificación de máxima probabilidad (ML) en la que la complejidad de la operación crece exponencialmente rápido con el número de antenas de transmisión y el tamaño de la constelación. En una realización adicional, la obtención de las aproximaciones de enteros complejos a partir de los componentes complejos del vector z se realiza mediante las siguientes operaciones. Define M enteros positivos que satisfagan

25

$$\prod_{i=1}^M S_i = S$$

donde S es un parámetro predeterminado que establece la complejidad del decodificador. Además define M conjuntos de números complejos A_1, A_2, \dots, A_M donde $|A_i| = S_i, i = 1, \dots, M$ y $|A_i|$ denota el tamaño del conjunto A_i . Cada conjunto A_i contiene la ronda de enteros complejos (z_i) y los enteros más cercanos de S_i-1 adicionales a z_i . S_1, S_2, \dots, S_m puede determinarse de una manera adaptativa o no adaptativa. Para el proceso no adaptativo, S_1 se establece mediante

30

$S_1 = S_2 = \dots = S_M = S^{\frac{1}{M}}$. Para el proceso adaptativo, los errores de cuantificación se calculan mediante $\epsilon_i = |z_i - (z_i)$ redondeado, $i = 1, \dots, M$ y los tamaños de conjuntos pequeños se asignan a pequeños errores de cuantización en orden ascendente.

35

En el bloque 315, se construye un conjunto X de posibles vectores de datos. El conjunto X se construye definiendo primero un conjunto U que consiste en vectores S , que son las aproximaciones al vector z . El conjunto X de posibles vectores de datos se obtiene de U después de las operaciones de escalamiento utilizando la matriz P . El conjunto U (con vectores S de tamaño M) se puede definir como:

40

$$U = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_M.$$

En el bloque 320, los elementos del conjunto X se escanean en busca de aquellos vectores que pueden contener símbolos QAM ilegales. Esto reduce el conjunto de posibles vectores de datos, lo que acelera el proceso de encontrar la señal de datos probablemente original. El conjunto reducido X se puede definir como X_p .

45

En el bloque 325, se calcula una métrica para cada elemento de X_p . La métrica, en una realización, se puede definir como la distancia entre cada uno de los posibles vectores de datos en el conjunto reducido y el vector original z . La métrica se puede calcular mediante la ecuación:

50

$$d = \|\tilde{H}(\underline{z}-\underline{x})\|^2.$$

En el bloque 330, la lista de posibles vectores de datos y su métrica correspondiente se combinan en un único conjunto y se proporcionan al calculador de bits blandos para futuras operaciones. El calculadora de bits blandos puede usar cualquier método para determinar razonablemente los datos originales contenidos dentro de la señal sin apartarse del alcance de la presente discusión, y se puede usar cualquier calculador de bits blandos, como es bien sabido en la técnica.

55

60

5 A menos que se especifique lo contrario, términos como procesamiento, computación, cálculo, determinación, visualización, o similar, pueden referirse a una acción y/o proceso de uno o más sistemas de procesamiento o computación o dispositivos similares que pueden manipular y transformar datos representados como cantidades físicas (por ejemplo, electrónicas) dentro de los registros de un sistema de procesamiento y la memoria en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas dentro de los registros o memorias del sistema de procesamiento, u otros dispositivos de almacenamiento, transmisión o visualización de información similares. Además, como se usa en este documento, un dispositivo informático incluye uno o más elementos de procesamiento junto con una memoria legible por computadora que puede ser una memoria volátil o no volátil o una combinación de las mismas.

10 Algunas realizaciones de la invención pueden implementarse en una o una combinación de hardware, firmware y software. Las realizaciones de la invención también pueden implementarse como instrucciones almacenadas en un medio legible por máquina, que puede ser leído y ejecutado por al menos un procesador para realizar las operaciones descritas en este documento. Un medio legible por máquina puede incluir cualquier mecanismo para almacenar o transmitir información en una forma legible por una máquina (por ejemplo, un ordenador). Por ejemplo, un medio legible por máquina puede incluir memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), medios de almacenamiento en disco magnético, medios de almacenamiento óptico, dispositivos de memoria flash y otros.

15 El alcance de la presente invención se determina solamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20

REIVINDICACIONES

1. Un receptor para un sistema de comunicaciones MIMO, que comprende:

5 un módulo (212) receptor lineal configurado para realizar una operación lineal en una señal y (108) recibidas a través de dos o más antenas (104) utilizando una matriz P para generar un vector z complejo, en el que la matriz P se genera utilizando un algoritmo de reducción de celosía realizado en una matriz de canal para un canal MIMO; y

10 un módulo (214) generador de listas configurado para recibir el vector z complejo del módulo (212) receptor lineal y la matriz P y para generar una lista de vectores de datos posibles y métricas de la señal recibida al escalar una matriz de aproximaciones enteras complejas de los componentes complejos del vector z, en el que la lista es generada por operaciones en el dominio complejo.

2. El receptor de la reivindicación 1, que comprende además:

15 un calculador (218) de bits blandos para proporcionar un flujo de bits (110) blandos a un dispositivo (106) huésped, en el que los bits blandos se derivan de la lista de posibles vectores de datos y métricas.

20 3. Receptor de la reivindicación 1, en el que el módulo (214) generador de listas retiene vectores de datos correspondientes a símbolos de modulación de amplitud en cuadratura (QAM) y descarta vectores de datos que no corresponden a símbolos válidos de QAM.

25 4. El receptor de la reivindicación 1, en el que el algoritmo de reducción de celosía utilizado por el módulo (212) receptor lineal es el algoritmo de Lenstra-Lenstra-Lavosz (LLL) modificado para representar matrices de valores complejos.

5. El receptor de la reivindicación 1, en el que el generador de listas está configurado para:

30 obtener aproximaciones de enteros complejos a partir de un vector z (310) de entrada, en el que el vector z de entrada se deriva de una reducción de celosía en una matriz H de canal y una operación lineal en la señal y; construya un conjunto X de posibles vectores (315) de datos, en el que el conjunto X se construye al definir primero un conjunto U de vectores S, los vectores S son aproximaciones de los componentes del vector de entrada z, y luego escalar el conjunto U con la matriz P, obtenida de la reducción de celosía en la matriz H del canal;

35 generar una métrica para cada elemento del conjunto X de posibles vectores de datos; y

40 proporcionar (330) el conjunto X resultante de posibles vectores de datos y la métrica para cada uno de los elementos del conjunto X a un módulo de cálculo, en el que el módulo de cálculo está configurado para generar una lista de bits de datos probablemente contenidos dentro de la señal y.

6. Receptor de la reivindicación 1, en el que el módulo (214) receptor lineal realiza una operación lineal utilizando el algoritmo LLL en la matriz de canales del canal MIMO.

7. Un método en un receptor de entrada múltiple salida múltiple, MIMO, que comprende:

45 realizar una operación lineal en una señal y (108) recibida a través de dos o más antenas (104) usando una matriz P para generar un vector z complejo, en el que la matriz P se genera utilizando un algoritmo de reducción de celosía realizado en una matriz de canal para un canal MIMO ; y

50 generar una lista de posibles vectores de datos y métricas a partir de la señal recibida escalando una matriz de aproximaciones enteras complejas de los componentes complejos del vector z, en donde la lista se genera mediante operaciones en el dominio complejo.

8. El método de la reivindicación 7, que comprende además:

55 proporcionar un flujo de bits (110) blandos a un dispositivo (106) huésped, en el que los bits blandos se derivan de la lista de posibles vectores de datos y métricas.

60 9. El método de la reivindicación 7, que comprende además retener vectores de datos correspondientes a modulación de amplitud en cuadratura, QAM, símbolos y vectores de datos de descartar que no corresponden a símbolos QAM válidos.

10. El método de la reivindicación 7, que comprende además la modificación de un algoritmo de reducción de celosía de Lenstra-Lenstra-Lavosz, LLL, utilizado para representar matrices de valores complejos.

65 11. El método de la reivindicación 7, que comprende además:

obtener aproximaciones de enteros complejos a partir de un vector z de entrada, en el que el vector z de entrada se deriva de una reducción de celosía en una matriz H de canal y una operación lineal en una señal y ;

5 construir un conjunto X de posibles vectores de datos, en el que el conjunto X se construye definiendo primero un conjunto U de vectores S , los vectores S se componen de aproximaciones de los componentes complejos del vector z de entrada, y luego escalar el conjunto U con la matriz P derivada de reducción de celosía, obtenida de la reducción de celosía en la matriz H de canal;

10 generar una métrica para cada elemento del conjunto X de posibles vectores de datos; y

proporcionar el conjunto X resultante de posibles vectores de datos y la métrica para cada elemento del conjunto X a un módulo de cálculo, en el que el módulo de cálculo está configurado para generar una aproximación suave de los bits de datos contenidos dentro de la señal y .

15 12. El método de la reivindicación 11, en el que el vector de señal recibido y la matriz P se derivan utilizando un algoritmo de reducción de celosía en la matriz H del canal.

20 13. El método de la reivindicación 11, en el que el conjunto X resultante de posibles vectores de datos excluye elementos que no corresponden a símbolos QAM válidos.

25 14. El método de la reivindicación 11, en el que el conjunto X resultante de posibles vectores de datos y una métrica correspondiente para cada elemento del conjunto X resultante se proporcionan a un calculador de bits blandos y están adaptados para ser utilizados por el calculador de bits blandos para producir una corriente de posibles bits de datos.

15. Un sistema de comunicaciones de entrada múltiple salida múltiple, MIMO, el sistema comprende:

una constelación de múltiples antenas de transmisión y recepción; y

30 un módulo de decodificación acoplado a la constelación de múltiples antenas de transmisión y recepción, el módulo de decodificación incluye:

un receptor como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

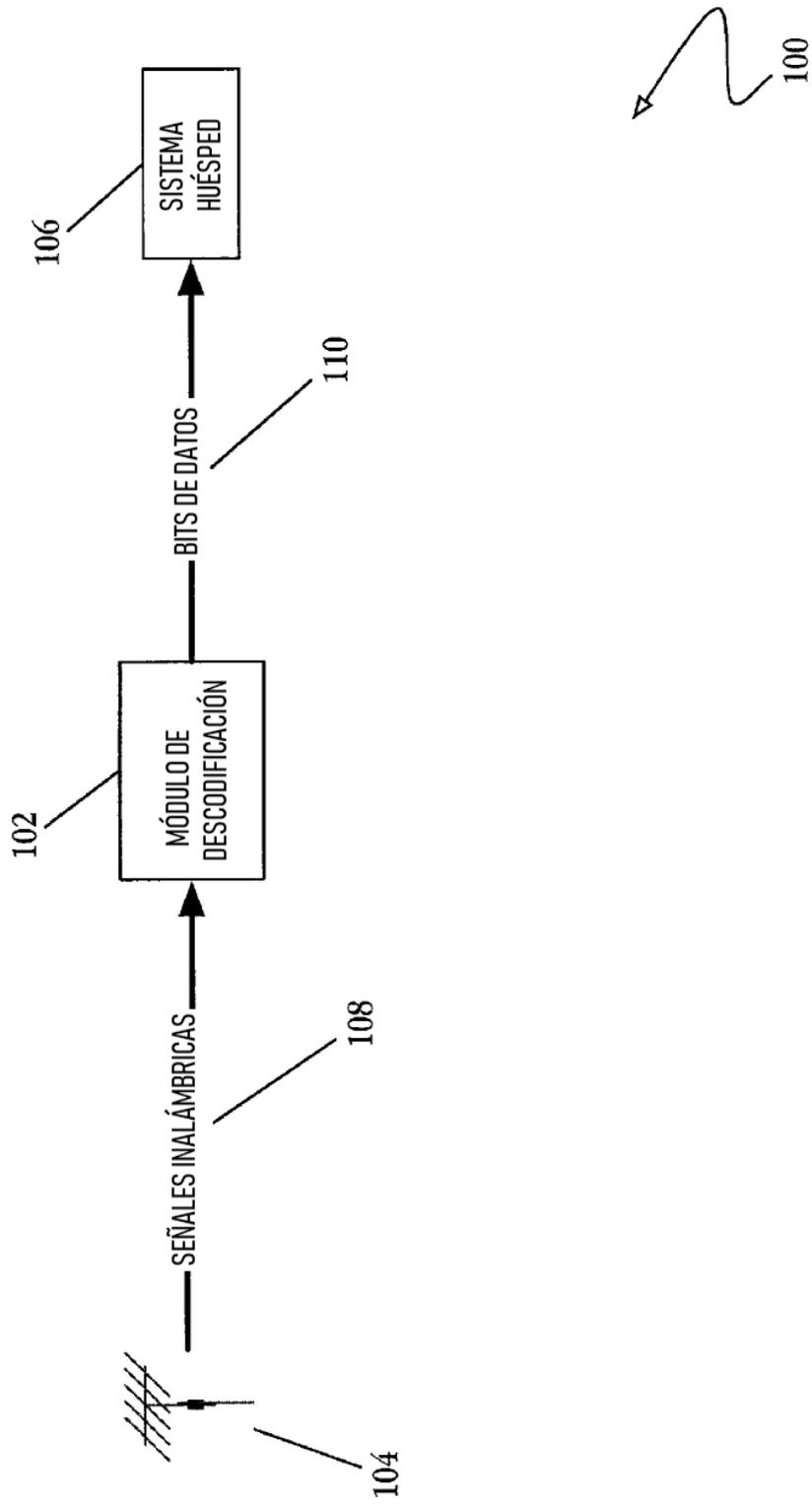


FIG. 1

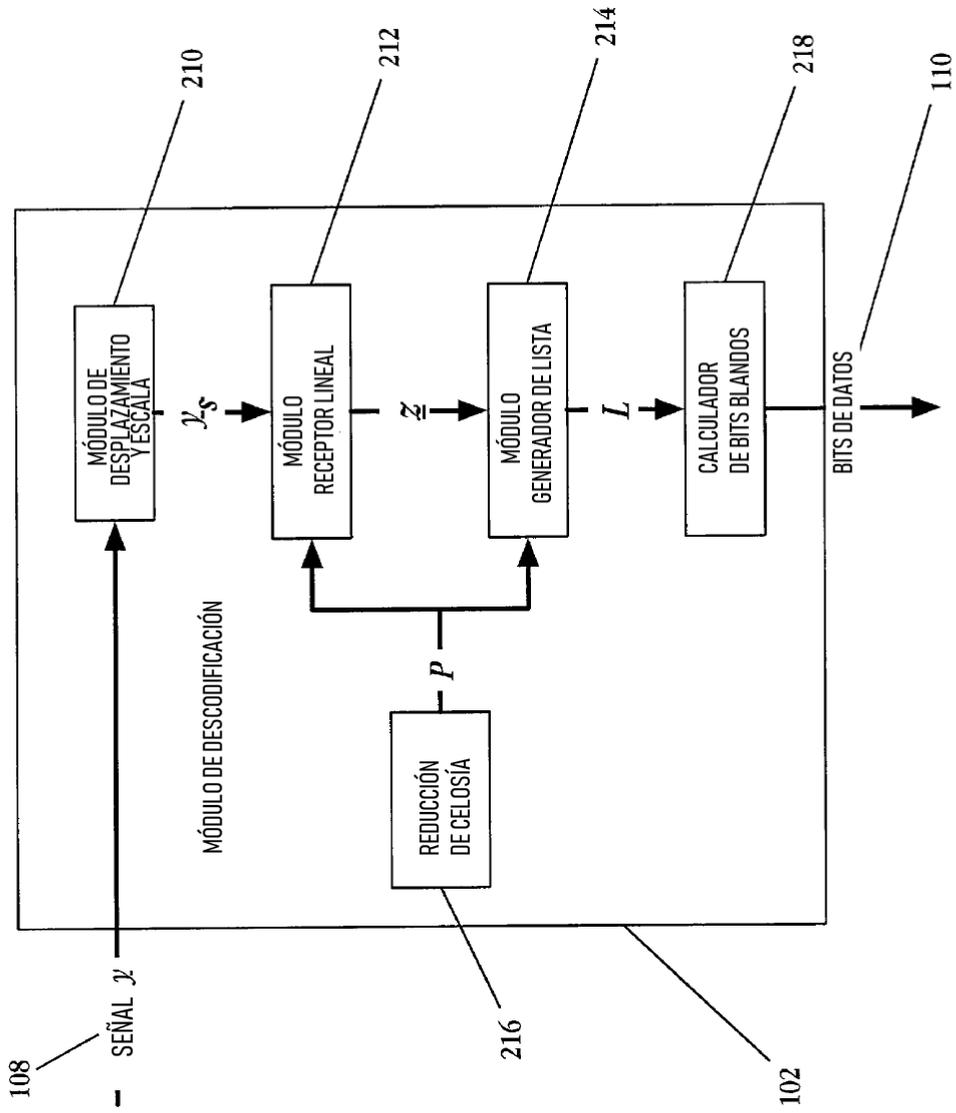


FIG. 2

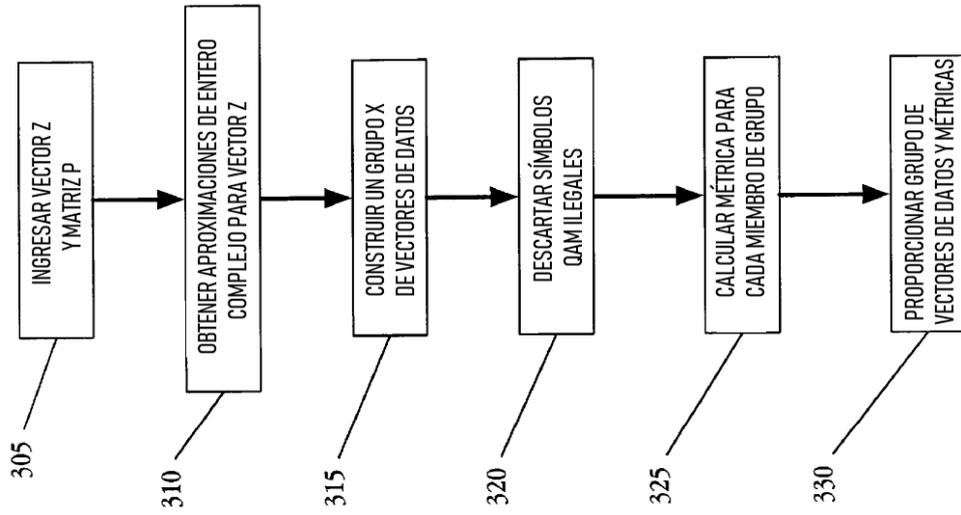


FIG. 3