

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 966**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/04** (2007.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2007 PCT/US2007/070868**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2007 WO07149722**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2007 E 07798374 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2050204**

54 Título: **Señales de referencia para la validación de enlace descendente en un canal MIMO de multiportadora inalámbrico**

30 Prioridad:

**19.06.2006 US 455891**

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

**04.08.2017**

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)  
2200 Mission College Boulevard  
Santa Clara, CA 95054, US**

72 Inventor/es:

**SHI, JUN;  
LI, QINGHUA;  
SUN, HONGMEI y  
HO, MINNIE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 628 966 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**

Señales de referencia para la validación de enlace descendente en un canal MIMO de multiportadora inalámbrico

## 5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere, en general, a comunicaciones inalámbricas y más en particular, a técnicas para mejorar el rendimiento en un canal MIMO inalámbrico.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La técnica entrada múltiple, salida múltiple (MIMO) es una técnica de comunicaciones inalámbricas que utiliza múltiples antenas en cada extremidad de un canal de comunicaciones. Es decir, un dispositivo de transmisión utiliza múltiples antenas de transmisión para transmitir señales en una extremidad del canal inalámbrico y un dispositivo de recepción utiliza múltiples antenas de recepción para recibir las señales en la otra extremidad del canal inalámbrico. Utilizando múltiples antenas en cada lado del canal, la dimensión espacial puede representar una ventaja de una manera que mejora el rendimiento de comunicación global. La técnica MIMO puede ponerse en práctica como una técnica de bucle abierto o de bucle cerrado. En la técnica MIMO de bucle abierto, un dispositivo de transmisión no tiene conocimiento del estado del canal antes de transmitir una señal en el canal. En la técnica MIMO en bucle cerrado, por el contrario, el dispositivo de transmisión adquiere una matriz de haces de enlace (que está basada en las condiciones del canal actuales) que se utiliza para precondicionar o precodificar señales antes de su transmisión al canal.

La técnica MIMO de bucle cerrado puede ponerse en práctica utilizando una realimentación operativa implícita o una realimentación informativa explícita. La realimentación informativa implícita se basa en la propiedad de la reciprocidad del canal para obtener información sobre un canal MIMO dentro de un dispositivo de transmisión. Es decir, la propiedad de recíproca del canal permite al dispositivo de transmisión calcular una matriz de canal para el canal de dirección hacia delante a partir de la información de canal observada para el canal de dirección inversa. La realimentación informativa implícita requiera calibraciones a realizarse para el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción para modelizar con precisión el canal global como un componente recíproco. La realimentación informativa explícita transmite símbolos de formación en la dirección hacia delante desde el dispositivo de transmisión al dispositivo de recepción. El dispositivo de recepción desarrolla luego la matriz de haces de enlace utilizando los símbolos de formación y los transmite de nuevo al dispositivo de transmisión como una realimentación informativa. Cuando se utiliza la realimentación informativa explícita, no se requieren calibraciones de sistemas complicadas.

Cuando se utiliza una realimentación informativa explícita en un canal MIMO en bucle cerrado, puede surgir un problema si la calidad del convencional de retorno es baja. Es decir, los errores generados en el canal de retorno pueden hacer corrupta la información de la matriz de haces de enlace de modo que la matriz recibida por el dispositivo de transmisión sea diferente de la transmitida por el dispositivo recepción. En algunas redes, la corrección de errores hacia delante (FEC) puede utilizarse en el canal de retorno para corregir errores que allí se producen. Sin embargo, la codificación de FEC normalmente solo es capaz de corregir un cierto número de errores. Si el número de errores dentro de la información de retorno supera este número, en tal caso, el dispositivo de transmisión puede acabar utilizando la matriz de haces de enlace errónea para precodificar datos antes de la transmisión. El dispositivo de recepción puede utilizar entonces la matriz de haces de enlace seleccionada para demodular los datos transmitidos, lo que da lugar a una comunicación defectuosa.

El documento de Nortel: "Trazados de enlace descendente en MIMO-OFDM y realimentación de índices de precodificación, borrador 3GPP; R1-060899, RAN WG1, Atenas, 21 de marzo de 2006, se refiere a señales piloto de enlace descendente en MIMO-OFDM y la realimentación informativa de índices de precodificación y considera sistemas basados en señales piloto comunes y sistemas basados en señales pilotos dedicadas.

El documento US 2005/152263 se refiere a la verificación de pesos de antenas para dos antenas de estación base en un receptor de radio móvil UMTS por medio del que se reduce el riesgo de detecciones incorrectas basándose en un número de símbolos de formación recibidos.

El documento de Nortel: "Propuesta para la señales piloto de enlace descendente para E-UTRA", borrador 3GPP; R1-051155, RAN WG1, San Diego, 4 de octubre de 2005, se refiere a una propuesta para señales piloto de enlace descendente para E-UTRA y a señales piloto comunes (públicas) compartidas por todos los equipos de usuario UEs y señales pilotos dedicadas (privadas) utilizadas por un equipo UE único y recomienda una estructura de señales piloto dispersadas.

De conformidad con un primer aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un método según la reivindicación 1.

65 En conformidad con un segundo aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un aparato según la reivindicación 6.

En conformidad con un tercer aspecto de la idea inventiva, se da conocer un programa que comprende instrucciones dispuestas, cuando se ejecutan, para poner en práctica un método según la reivindicación 7.

5 En conformidad con un cuarto aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un soporte de memorización según la reivindicación 8.

Formas de realización adicionales de la invención se incluyen en las reivindicaciones subordinadas.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una disposición de redes inalámbricas a modo de ejemplo de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

15 La Figura 2 es un diagrama que ilustra un bloque de recursos físicos de enlace descendente, a modo de ejemplo, asociado con un dispositivo de recepción que incluye señales pilotos dedicadas en conformidad con una forma de realización de la presente invención;

20 La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un método para uso en un dispositivo de recepción asociado con un canal MIMO multiportadora en conformidad con una forma de realización de la presente invención; y

25 La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra, a modo de ejemplo, un método para uso en un dispositivo de transmisión asociado con un canal MIMO multiportadora de conformidad con una forma de realización de la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que muestran, a modo de ilustración, formas de realización específicas en las que la invención puede ponerse en práctica. Estas formas de realización se describen con detalles suficientes para permitir a los expertos en esta técnica practicar la invención. Ha de entenderse que las diversas formas de realización de la invención, aunque sean diferentes, no son necesariamente mutuamente exclusivas. A modo de ejemplo, una función, estructura o característica particular aquí descrita en relación con una forma de realización puede ponerse en práctica dentro de otra forma de realización sin desviarse por ello del alcance de la invención según se define por las reivindicaciones. Además, ha de entenderse que la localización o disposición de elementos individuales dentro de cada forma de realización dada a conocer puede modificarse sin desviarse por ello del alcance de la invención. Por lo tanto, la descripción detallada siguiente no ha de considerarse en un sentido limitativo, y el alcance de la presente invención se define solamente por las reivindicaciones adjuntas, interpretadas de forma adecuada. En los dibujos las referencias numéricas similares corresponden a la misma o similar funcionalidad a través de las diversas vistas.

40 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una disposición de redes inalámbricas a modo de ejemplo en conformidad con una forma de realización de la presente invención. Según se ilustra, un dispositivo de transmisión 12 está en comunicación con un dispositivo de recepción 14 por intermedio de un canal de comunicación inalámbrica. En al menos una forma de realización, el dispositivo de transmisión 12 es una estación base inalámbrica (BS) y el dispositivo de recepción 14 es una estación de abonado inalámbrica (SS) que accede a una red mayor a través de la estación base BS. En dicha forma de realización, la estación base BS inalámbrica puede proporcionar también servicios de acceso simultáneo a varias otras estaciones de abonado SSs además del dispositivo de recepción 14. El dispositivo de recepción 14 puede incluir cualquier tipo de componente inalámbrico, dispositivo o sistema que sea capaz de un acceso inalámbrico a una red.

50 Según se ilustra en la Figura 1, el dispositivo de transmisión 12 y el dispositivo de recepción 14 tienen cada uno múltiples antenas (es decir, dos o más). El canal inalámbrico entre el dispositivo de transmisión 12 y el dispositivo de recepción 14 es un canal de múltiple entrada, múltiple salida (MIMO). En la forma de realización ilustrada, el dispositivo de transmisión 12 y el dispositivo de recepción 14 tienen, cada uno de ellos, un conjunto único de antenas que puede utilizarse para funciones de transmisión y recepción, a la vez. En otras formas de realización, el dispositivo de transmisión 12 y/o el dispositivo de recepción 14 pueden utilizar diferentes conjuntos de antenas para transmitir y recibir. Cualquier tipo de antenas puede utilizarse, incluyendo, a modo de ejemplo, dipolos, bandas de conexión, antenas helicoidales, arrays de antenas y/o otras. En la forma de realización ilustrada en la Figura 1, el dispositivo de transmisión inalámbrico 12 incluye un transceptor inalámbrico 16 y un controlador 18. El controlador 18 es operativo para realizar algunas o la totalidad de las funciones de procesamiento digital requeridas para el soporte de la operación MIMO en bucle cerrado para el dispositivo de transmisión 12. Las funciones del controlador pueden realizarse utilizando, entre otras cosas, uno o más dispositivos de procesamiento digital tales como, a modo de ejemplo, un microprocesador de uso general, un procesador de señal digital (DSP), un ordenador de conjunto de instrucciones reducidas (RISC), un ordenador de conjunto de instrucciones complejas (CISC), una matriz e puertas programables in situ (FPGA), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) y/o otros, incluyendo combinaciones de los anteriores. El transceptor inalámbrico 16 es operativo para realizar las funciones relacionadas

con las radiofrecuencias (RF) requeridas para (a) generar señales de transmisión de RF para su entrega a las múltiples antenas durante las operaciones de transmisión y (b) procesar las señales de RF recibidas por las múltiples antenas durante las operaciones de recepción. El dispositivo de recepción 14 de la Figura 1 incluye también un transceptor inalámbrico 20 y un controlador 22. Estos elementos pueden realizar funciones similares a las unidades correspondientes dentro del dispositivo de transmisión 12.

En al menos una forma de realización, el dispositivo de transmisión 12 y el dispositivo de recepción 14 pueden configurarse para utilizar técnicas de multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) (u otras técnicas de multiplexación). En un sistema OFDM, los datos a transmitirse se distribuyen entre una pluralidad de sub-portadoras de banda estrecha prácticamente ortogonales. En al menos una forma de realización, una forma de OFDM conocida como de acceso múltiple por división ortogonal de la frecuencia (OFDMA) puede utilizarse a tal respecto. OFDMA permite que las sub-portadoras de un símbolo OFDM sean divididas entre múltiples usuarios diferentes para proporcionar un acceso múltiple dentro de un símbolo único.

La disposición de la red 10 de la Figura 1 puede utilizar una realimentación informativa explícita, técnicas MIMO en bucle cerrado para soportar la transmisión de datos desde el dispositivo de transmisión 12 al dispositivo de recepción 14. A modo de ejemplo, el dispositivo de transmisión 12 puede transmitir primero símbolos de formación al dispositivo de recepción 14 por intermedio del canal MIMO. El dispositivo de recepción 14 puede utilizar luego los símbolos de formación recibidos para determinar una matriz de haces de enlace (o múltiples matrices de haces de enlace) para el dispositivo de transmisión 12 a utilizar para transmitir datos al dispositivo de recepción 14. Una vez que se haya determinado la matriz de haces de enlace, el dispositivo de recepción 14 puede transmitir la matriz (o alguna información que identifique de forma única, la matriz) al dispositivo de transmisión 12. El dispositivo de transmisión 12 puede utilizar luego la matriz de haces de enlace para precodificar datos de usuario antes de transmitir los datos al dispositivo de recepción 14 por intermedio del canal MIMO. En algunas formas de realización, múltiples matrices de haces de enlace pueden realimentarse al dispositivo de transmisión 12 para su uso a frecuencias diferentes.

Debido a la variación del canal y al ruido aditivo en el canal desde dispositivo de recepción 14 al dispositivo de transmisión 12 (p.ej., el canal de enlace ascendente), el dispositivo de transmisión 12 decodificará, a veces, el índice de formación de haces de enlace desde el dispositivo de recepción 14 de forma errónea. Incluso cuando se utiliza una codificación de corrección de errores hacia delante (FEC) en este canal de retorno, pueden surgir situaciones en donde se produzca una decodificación errónea del índice de formación de haces de enlace. Cuando un índice está inadecuadamente decodificado, el dispositivo de transmisión 12 puede utilizar una matriz de haces de enlace distinta de la indicada por el dispositivo de recepción 14 para precodificar los datos que se transmiten al dispositivo de recepción 14. Cuando los datos transmitidos son posteriormente recibidos por el dispositivo de recepción 14, el dispositivo de recepción 14 utilizará la matriz de haces de enlace que identificó para recuperar los datos a partir de la señal recibida. Esta situación puede dar lugar a importantes errores de decodificación de datos en el dispositivo de recepción 14. En conformidad con un aspecto de la presente invención, se dan a conocer técnicas que permiten a un dispositivo de recepción en un sistema MIMO en bucle cerrado verificar que la matriz de haces de enlace adecuada fue utilizada para precodificar mediante un dispositivo de transmisión correspondiente, antes de que se realice la decodificación de datos. Si se utilizó una matriz inadecuada por el dispositivo de transmisión, en tal caso, el dispositivo de recepción puede ser capaz de determinar qué matriz de haces de enlace fue utilizada por el dispositivo de transmisión y utilizar esa matriz de haces de enlace para decodificar los datos.

En al menos una forma de realización de la presente invención, señales pilotos dedicadas especiales se incluyen con los codificados precodificados transmitidos desde un dispositivo de transmisión a un dispositivo de recepción que permiten al dispositivo de recepción verificar si se utilizó la matriz de haces de enlace adecuada por el dispositivo de transmisión para la precodificación. Estas señales pilotos dedicadas pueden incluirse, además, de cualesquiera señales piloto comunes que se utilizan para fines de estimación y de sincronización.

La Figura 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de bloque de recursos físicos (PRB) 60 de DL, a modo de ejemplo, que ha sido asignado a una estación de abonado SS particular en conformidad con una forma de realización de la presente invención. Según se ilustra, el bloque DL PRB 60 incluye una pluralidad de sub-portadoras 62 que han sido asignadas a la estación de abonado SS para su uso en la transmisión de datos desde la estación base BS a la estación de abonado SS. Según se describió con anterioridad, lo que antecede no tiene que incluir a la totalidad de sub-portadoras de un símbolo OFDM. Además, el bloque DL PRB 60 puede extenderse a través de múltiples símbolos OFDM 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76. La totalidad de las sub-portadoras dentro del bloque DL PRB 60 comparten la misma matriz de haces de enlace. Es decir, la misma matriz se utilizará para precodificar los datos transmitidos en cada una de las sub-portadoras.

Según se ilustra en la Figura 2, el bloque DL PRB 60 incluye una pluralidad de símbolos piloto comunes 80 para su uso en la estimación y/o sincronización. Los símbolos piloto comunes 80 pueden distribuirse en intervalos de sub-portadoras fijos dentro de un símbolo OFDM (p.ej., cada tercera sub-portadora en la Figura 2). Además, los símbolos piloto comunes 80 no han de utilizarse dentro de cada símbolo OFDM. A modo de ejemplo, en la forma de realización ilustrada, solamente los primero y quinto símbolos OFDM 64, 72 del bloque DL PRB 60 incluyen señales piloto comunes 80. Además de las señales piloto comunes 80, el bloque DL PRB 60 incluye también varias señales

pilotos dedicadas 82 para su uso por la estación de abonado correspondiente SS para verificar que la matriz de haces de enlace correcta fue utilizada por la estación base BS para precodificar los datos antes de su transmisión. El resto del bloque DL PRB 60 puede utilizarse para transmitir datos de usuario desde la estación base BS a la estación de abonado SS correspondiente.

5 Las señales pilotos dedicadas 82 de la asignación DL 60 pueden, cada una de ellas, incluir datos conocidos sobre la matriz de haces de enlace. Las señales pilotos dedicadas 82 pueden ayudar también a la estimación de canal del canal de haces de enlace. Cualquier número de señales pilotos dedicadas pueden incluirse dentro de una asignación DL. Cuanto más señales pilotos dedicadas se utilizan, tanto mayor será la capacidad para validar la matriz de haces de enlace. Sin embargo, cuando se incrementa el número de señales pilotos dedicadas, disminuirá la cantidad de datos de usuario que el bloque de recursos físicos DL 60 será capaz de transferir. En la práctica, se necesitará una solución de compromiso a realizarse entre la intensidad de validación y la cantidad de datos que serán transferidos. En al menos una forma de realización de la presente invención, el número de señales pilotos dedicadas que se utilizan por bloques de recursos físicos está limitada al número de antenas de transmisión en el dispositivo de transmisión. Una reducción adicional en el número de señales pilotos dedicadas puede conseguirse asignando solamente una señal piloto dedicada para cada canal espacial de haces de enlace. Esta técnica, sin embargo, requiere el uso de asignación dinámica de señales piloto, lo que puede resultar indeseable.

20 En al menos una forma de realización de la presente invención, las señales pilotos dedicadas están uniformemente espaciadas en el tiempo y la frecuencia dentro de una asignación de recursos, con compensaciones aleatorias para evitar la interferencia con las células próximas. A modo de ejemplo, si un bloque de recursos físicos DL está constituido por sub-portadoras indexadas de 0 a  $N_c-1$  y los símbolos OFDM indexados desde 0 a  $N_o-1$ , en tal caso, las señales pilotos dedicadas pueden asignarse en:

$$25 \quad f_i = \text{mod} \left( i * \left\lfloor \frac{N_c}{N_d} \right\rfloor + O_f, N_c \right), \text{ para } i = 0, 1, \dots, N_d - 1$$

$$t_i = \text{mod} \left( i * \left\lfloor \frac{N_o}{N_d} \right\rfloor + O_t, N_o \right), \text{ para } i = 0, 1, \dots, N_d - 1$$

30 en donde  $f_i$  y  $t_i$  son los índices de símbolos y sub-portadoras de las señales pilotos dedicadas, respectivamente;  $N_d$  es el número de señales pilotos dedicadas en un bloque de recursos físicos;  $\text{mod}()$  es la operación del módulo; y  $O_f$  y  $O_t$  son compensaciones aleatorias en frecuencia y tiempo determinadas por la estación base. Otras técnicas para asignar señales pilotos dedicadas pueden utilizarse de forma alternativa.

35 En al menos una forma de realización de la invención, las señales pilotos dedicadas son asignadas a los flujos espaciales (o canales espaciales) del canal de haces de enlace en una forma de turnos rotatorios. Un ejemplo de lo que antecede se ilustra en la Figura 2. En esta figura, las señales pilotos dedicadas 82 están etiquetadas cada una de ellas con un valor de flujo espacial correspondiente que identifica el flujo de la señal piloto a la que se asigna. Según se ilustra, la primera señal piloto dedicada 82 (en el símbolo OFDM 66) está asociada con el flujo espacial 1, la segunda señal piloto dedicada 82 (en el símbolo OFDM 68) está asociada con el flujo espacial 2, la tercera señal piloto dedicada 82 (en el símbolo OFDM 70) está asociada con el flujo espacial 1 y la cuarta señal piloto dedicada 82 (en el símbolo OFDM 74) está asociada con el flujo espacial 2. El motivo de que las señales pilotos dedicadas se asignen de esta manera es garantizar que cada flujo tenga una intensidad de validación igual en la medida de lo posible. Otras técnicas para asignar señales pilotos dedicadas a flujos espaciales pueden utilizarse en otras formas de realización.

45 En al menos una forma de realización de la invención, se define una matriz  $P$  para representar el valor de las señales pilotos dedicadas.  $P$  es una matriz  $N_s \times N_d$  en donde  $N_s$  es el número de flujos y  $N_d$  es el número de señales pilotos dedicadas. Cada columna de  $P$  es un vector en la forma  $[0, 0, \dots, 1, \dots, 0]$  con todas las entradas siendo cero, excepto la  $i$ -ésima entrada, en donde  $i$  es el índice de flujo asignado al vector. Durante la transmisión, el valor de una señal piloto dedicada en la antena de transmisión será  $T = VP$ , en donde  $V$  es la matriz de haces de enlace. Después de que la señal piloto dedicada se haya propagado a través del canal, el receptor recibirá la señal siguiente:

$$55 \quad Y = HVP + N$$

60 en donde  $H$  es la matriz de canal y  $N$  es el ruido aditivo. Según se describió con anterioridad, la finalidad primaria de la validación es determinar si la matriz  $V$  utilizada por el dispositivo de transmisión es la misma que la que fue objeto de realimentación por el dispositivo de recepción. En al menos una forma de realización de la presente invención, la detección de probabilidad máxima (ML) se utiliza para identificar, sobre la base de  $Y$ , la matriz de haces de enlace que fue utilizada en el transmisor. Lo que antecede puede realizarse como sigue:

$$V^* = \arg \min_{V_i \in \text{Codebook}} \|Y - HV_i P\|^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

en donde  $V^*$  es la estimación de la matriz de haces de enlace utilizada.

5 Si  $V^*$  no es la misma matriz que se realimentó por el dispositivo de recepción al dispositivo de transmisión, en tal caso, un error producido en el enlace ascendente o la detección de ML causó una falsa alarma. El ruido en canal puede aumentar potencialmente la probabilidad de error de detección. Para reducir la ocurrencia de falsas alarmas, se puede utilizar un mecanismo de umbralización. A modo de ejemplo, en al menos una forma de realización, se utiliza el mecanismo de umbralización siguiente:

10

$$\begin{cases} \text{Ninguna validación} & \text{si } \|Y - HV_i P\| < 7\sigma_n^2 - 0.5 \log_{10}(p_e) \\ \text{Validación en la Ecuación 1} & \text{de cualquier otro modo} \end{cases}$$

en donde  $\sigma_n^2$  es la potencia de ruido y  $p_e$  es la tasa binaria de errores (BER) de enlace ascendente. De esta manera, solamente necesitan considerarse grandes desviaciones.

15

Según se describió con anterioridad, en al menos una forma de realización de la presente invención, la detección de ML se utiliza para realizar la validación de la matriz de haces de enlace utilizando las señales pilotos dedicadas. En otras formas de realización, se pueden utilizar otras técnicas de detección para la validación. En algunas formas de realización, la detección de ML se utiliza para la validación de matrices, mientras que otras técnicas se utilizan para demodular las sub-portadoras de datos.

20

En algunos escenarios operativos las señales pilotos dedicadas pueden no ser capaces de proporcionar un nivel de capacidad de validación adecuado para validar de forma fiable la matriz de haces de enlace. En dichos escenarios operativos, los símbolos de datos pueden utilizarse como una comprobación adicional sobre la exactitud del procedimiento de validación. Los símbolos de datos pueden utilizarse para la validación utilizando el conocimiento sobre la constelación de modulación de los datos. Para cada símbolo de datos transmitido, el receptor recibirá  $x = HVd + n$ , en donde  $d$  es  $N_s$  por 1 vector de datos,  $x$  es  $N_r$  por 1 vector de datos recibido y  $n$  es  $N_r$  por 1 vector de ruido. El valor de  $d$  es un valor completo a partir de una constelación conocida (p.ej., QPSK, 16 QAM, 64 QAM, etc.). El receptor forma un subconjunto del libro de códigos,  $C_v$ , cuyos elementos tienen una probabilidad grande en la ecuación 1 anterior (es decir, un valor pequeño de  $\|Y - HV_i P\|^2$ ). Para cada matriz de haces de enlace  $V_i$  en el subconjunto del libro de códigos, el dispositivo de recepción calcula un coste  $e(V_i)$ . El dispositivo de recepción recoge un conjunto de vectores de datos recibidos,  $C_x$ . Para cada vector de datos recibido  $x$  en el conjunto, el dispositivo de recepción elimina el efecto de canal de haces de enlace (suponiendo que el canal de haces de enlace es  $HV_i$ ) como  $\tilde{d} = \text{inv}(HV_i)x$ , en donde  $\text{inv}(A)$  es la inversa o la pseudo-inversa de la matriz de entrada  $A$ .

25

30

Puesto que la modulación de cada entrada de  $d$  es conocida en el receptor, el receptor cuantifica cada entrada de  $\tilde{d}$  utilizando la constelación de modulación conocida y obtiene el valor cuantizado  $\hat{d}$ . Es decir, la entrada de  $\tilde{d}$  es redondeada al punto de constelación más próximo que la entrada correspondiente de  $\tilde{d}$ . El coste del  $V_i$  se calcula como:

35

$$e(V_i) = \sum_{x \in C_x} \|\hat{d} - \tilde{d}\|^2.$$

La matriz de haces de enlace con el más bajo coste ( $\hat{V}$ ) se informa como la utilizada en el transmisor:

40

$$\hat{V} = \arg \min_{V_i \in C_v} e(V_i).$$

La búsqueda de libro de códigos en la ecuación 1 anterior puede ser prohibitivamente compleja si el libro de códigos es grande. En al menos una forma de realización de la presente invención, la estructura de la matriz  $P$  resulta ventajosa en una manera que permita una reducción importante de la complejidad de la búsqueda. Es decir, en lugar de una búsqueda del libro de códigos completa, puede realizarse una búsqueda a nivel de columna como sigue:

45

$$v_i^* = \arg \min_{v_i \in \text{Codebook}} \|Y_i - H v_i\|_2^2 \quad i = 1, \dots, N_s \quad \text{Ecuación 2}$$

en donde  $Y_i$  es la  $i$ -ésima columna de  $Y$ ,  $v_i$  es la  $i$ -ésima columna de  $V$ , y  $N_s$  es el número de flujos espaciales. Según

se ilustra,  $P$  ha sido eliminada de la ecuación 2 debido a su estructura. A modo de ejemplo de la reducción en complejidad, considérese una situación en donde 6, 5, y 4 bits se utilizan para describir la primera, segunda y tercera columnas de la matriz  $V$ . La ecuación 1 requeriría una búsqueda de más de  $2^{15}$  matrices, mientras que la ecuación 2 solamente requiere una búsqueda de 112 vectores.

5 La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplo 90 para su uso en un dispositivo de recepción asociado con un canal MIMO multiportadora de conformidad con una forma de realización de la presente invención. En primer lugar, una matriz de haces de enlace se determina para su uso en relación con un canal MIMO entre un dispositivo de transmisión y un dispositivo de recepción utilizando símbolos de formación recibidos desde el dispositivo de transmisión por intermedio del canal MIMO (bloque 92). Los símbolos de formación pueden utilizarse primero dentro del dispositivo de recepción para generar una matriz de canal  $H$  para el canal MIMO. La matriz de canal  $H$  puede utilizarse luego para determinar la matriz de haces de enlace. Cualquier técnica conocida puede utilizarse para determinar la matriz de haces de enlace (descomposición SVD, uso forzado de cero, búsqueda a través de un conjunto de matrices conocidas, etc.). La información puede proporcionarse, a continuación, al dispositivo de sino que identifica la matriz de haces de enlace (bloque 94). Esta información puede incluir, a modo de ejemplo, un número de índice asociado con la matriz de haces de enlace (el número de índice que se conoce dentro del dispositivo de transmisión). Otras técnicas para identificar la matriz seleccionada pueden utilizarse de forma alternativa.

20 Las señales pilotos dedicadas pueden recibirse posteriormente por el dispositivo de recepción desde el dispositivo de transmisión (en adición a otros datos) que se supusieron que habían sido generados utilizando la matriz de haces de enlace identificada (bloque 96). Las señales pilotos dedicadas deben incluir datos conocidos para el dispositivo de recepción. El dispositivo de recepción puede utilizar luego las señales pilotos dedicadas para validar si el dispositivo de transmisión utilizó la matriz de haces de enlace correcta para precodificar los datos (bloque 98). En al menos una forma de realización, el dispositivo de recepción puede utilizar técnicas de detección de probabilidad máxima (ML) para realizar la validación. El dispositivo de recepción puede estimar también qué matriz de haces de enlace utilizó realmente el dispositivo de transmisión. Si se determina que el dispositivo de transmisión no utilizó la matriz de haces de enlace adecuada, en tal caso, el dispositivo de recepción puede procesar las señales de datos de usuarios recibidas desde el dispositivo de transmisión utilizando una matriz de haces de enlace que se cree que utilizó el dispositivo de transmisión. En al menos una forma de realización, una búsqueda de libro de códigos de baja complejidad se utiliza durante el proceso de verificación con el uso de la decodificación ML. La búsqueda de baja complejidad, según se describió con anterioridad, puede ser una búsqueda a nivel de columna que usa ventajosamente la estructura de la matriz  $P$  transmitida.

35 La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplo 110 para uso en un dispositivo de transmisión asociado con un canal MIMO multiportadora de conformidad con una forma de realización de la presente invención. El método 110 puede utilizarse por el dispositivo de transmisión para desarrollar y proporcionar señales pilotos dedicadas a un dispositivo de recepción asociado con el canal MIMO para uso en la verificación de que se ha utilizado una matriz de haces de enlace identificada por el dispositivo de transmisión para precodificar datos. En primer lugar, se determinan las posiciones para las señales pilotos dedicadas dentro de un bloque de recursos físicos de una sub-trama de enlace descendente (bloque 112). Según se describió con anterioridad, las señales pilotos dedicadas pueden distribuirse uniformemente, en el tiempo y en la frecuencia, dentro de una asignación de recursos, con compensaciones aleatorias para evitar la interferencia de células próximas. Otras técnicas pueden utilizarse de forma alternativa. Los datos pueden, entonces, generarse para incluirse dentro de las señales pilotos dedicadas (bloque 114). En al menos una forma de realización, según se describió con anterioridad, se utilizará una matriz  $P$  que es una matriz  $N_s \times N_d$ , en donde  $N_s$  es el número de flujos espaciales activos y  $N_d$  es el número de señales pilotos dedicadas. Cada columna de  $P$  es un vector en la forma  $[0, 0, \dots, 1, \dots, 0]$  con todas las entradas siendo cero excepto la  $i$ -ésima entrada, en donde  $i$  es el índice de flujo asignado al vector. El dispositivo de transmisión puede generar entonces las señales pilotos dedicadas a transmitirse (bloque 116). En un método, lo que antecede puede incluir la multiplicación de la matriz  $P$  por la matriz de haces de enlace presumiblemente identificada por el dispositivo de recepción y transmitir el producto en la posición adecuada dentro de la sub-trama de enlace descendente.

55 Las técnicas y estructuras de la presente invención pueden ponerse en práctica en cualquiera de una diversidad de formas distintas. A modo de ejemplo, las características de la invención pueden materializarse dentro de un ordenador portátil, ordenador de bolsillo, ordenador de sobremesa y tabletas electrónicas que tienen una capacidad inalámbrica; asistentes digitales personales (PDAs) que tienen capacidad inalámbrica; teléfonos móviles y otros comunicadores inalámbricos portátiles, dispositivos de búsqueda por páginas; comunicadores vía satélite; cámaras que tienen capacidad inalámbrica; dispositivo de audio/ vídeo que tienen capacidad inalámbrica; tarjetas de interfaz de red (NICs) y otras estructuras de interfaces de red; estaciones base; puntos de acceso inalámbricos; circuitos integrados; como instrucciones y/o instrucciones de datos memorizados en soportes legibles por máquina y/o otros formatos. Ejemplos de diferentes tipos de soportes legibles por máquina pueden utilizarse incluyendo disquetes flexibles, discos duros, discos ópticos, memorias de solamente lectura en disco compacto (CD-ROMs), disco de vídeo digitales (DVDs), discos Blu-ray, discos magneto-ópticos, memorias de solamente lectura (ROMs), memorias de acceso aleatorio (RAMs), memorias ROMs programables borrables (EPROMs), memorias programables eléctricamente borrables ROMs (EEPROMs), tarjetas magnéticas u ópticas, memoria instantánea y/o otros tipos de

soportes adecuados para memorizar datos o instrucciones electrónicas. En al menos una forma de realización, la invención se materializa como un conjunto de instrucciones que se modulan en una onda portadora para su transmisión a través de un soporte de transmisión. Tal como aquí se utiliza, el término "lógica" puede incluir, a modo de ejemplo, software o hardware y/o combinaciones de software y hardware.

5 En las descripciones detalladas anteriores, varias características de la invención se agrupan juntas en una o más formas de realización individuales para la finalidad de agilizar el uso de la idea inventiva. Este método de descubrimiento no ha de interpretarse como que refleja una intención de que la invención reivindicada requiera más características que las expresamente indicadas en cada reivindicación. En cambio, según se refleja en las  
10 reivindicaciones siguientes, los aspectos inventivos pueden radicar en menos que todas las características de cada forma de realización dada a conocer.

Aunque la presente invención ha sido descrita en conjunción con determinadas formas de realización, ha de entenderse que pueden realizarse modificaciones y variaciones sin desviarse por ello del alcance de la invención como entienden fácilmente los expertos en esta técnica. Dichas modificaciones y variaciones se considera que están  
15 dentro del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método que comprende:

5 determinar (92) una matriz de haces de enlace para un dispositivo de transmisión (12) a utilizar para precodificar datos para transmisión a un dispositivo de recepción (14) por intermedio de un canal MIMO de multiportadora, en donde la determinación se realiza en dicho dispositivo de recepción, comprendiendo dicha matriz de haces de enlace una pluralidad de columnas;

10 transmitir (94) información, desde dicho dispositivo de recepción a dicho dispositivo de transmisión, que identifica dicha matriz de haces de enlace;

15 recibir (96) señales pilotos dedicadas (82) y señales de datos procedentes de dicho dispositivo de transmisión, por intermedio de dicho canal MIMO de multiportadora, que se suponían haber sido precodificados por dicho dispositivo de transmisión utilizando dicha matriz de haces de enlace, con dichas señales pilotos dedicadas incluyendo información conocida; y

20 procesar dichas señales pilotos dedicadas para validar (98) si dicho dispositivo de transmisión ha utilizado realmente dicha matriz de haces de enlace para precodificar dichas señales pilotos dedicadas y dichas señales de datos;

25 en donde procesar dichas señales pilotos dedicadas para validar si dicho dispositivo de transmisión utilizó realmente dicha matriz de haces de enlace para precodificar dichas señales pilotos dedicadas y dichas señales de datos, incluye utilizar una detección de probabilidad máxima para procesar dichas señales pilotos dedicadas; estando dicho método caracterizado por:

la utilización de la detección de probabilidad máxima para procesar dichas señales pilotos dedicadas consiste en realizar una búsqueda de libro de códigos de complejidad reducida que incluye una búsqueda en columna como sigue:

$$30 \quad v_i^* = \arg \min_{v_i \in \text{Codebook}} \|Y_i - H v_i\|_2^2 \quad i = 1, \dots, N_s$$

35 en donde  $v_i^*$  es la estimación de la  $i$ -ésima columna de la matriz de haces de enlace realmente utilizada por el dispositivo de transmisión,  $Y_i$  es la  $i$ -ésima columna de la señal piloto dedicada recibida  $Y$ ,  $H$  es la matriz de canal y Codebook es el libro de códigos de las posibles matrices de haces de enlace y  $N_s$  es el número de flujos espaciales.

2. El método según la reivindicación 1, que comprende, además:

40 en donde el procesamiento de dichas señales pilotos dedicadas determina que dicho dispositivo de transmisión no utilizó dicha matriz de haces de enlace para precodificar dichas señales pilotos dedicadas y dichas señales de datos pero, en cambio, ha utilizado otra matriz de haces de enlace para precodificar dichas señales pilotos dedicadas y dichas señales de datos, y la demodulación (100) de dichas señales de datos con la ayuda de dicha otra matriz de haces de enlace.

3. El método según la reivindicación 1 en donde:

45 la utilización de la detección de probabilidad máxima para procesar dichas señales pilotos dedicadas consiste en evaluar:

$$50 \quad V^* = \arg \min_{V, c \in \text{Codebook}} \|Y - H V_i P\|^2$$

55 en donde  $V^*$  es la estimación de la matriz de haces de enlace realizada utilizada por el dispositivo de transmisión,  $Y$  es la señal piloto dedicada recibida,  $H$  es la matriz de canal,  $P$  es la matriz transmitida dentro de una señal piloto dedicada y Codebook es el libro de códigos de las matrices de haces de enlace posibles, en donde procesar dichas señales pilotos dedicadas consiste en comparar  $V^*$  con dicha matriz de haces de enlace.

4. El método según la reivindicación 3, en donde:

60 la utilización de la detección de probabilidad máxima para procesar dichas señales pilotos dedicadas consiste en no efectuar ninguna validación cuando  $\|Y - H V_i P\|$  es inferior a un valor umbral que está vinculado con una relación de señal a ruido.

5. El método según la reivindicación 4, en donde:

dicho valor umbral es igual a  $7\sigma_n^2 - 0.5\log_{10}(p_e)$ , en donde  $\sigma_n^2$  es la potencia del ruido y  $p_e$  es la tasa de errores binarios de enlace ascendente.

5    **6.** Un aparato que comprende medios para poner en práctica un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

10    **7.** Un programa informático que comprende instrucciones dispuestas, cuando se ejecutan, para poner en práctica un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

15    **8.** Un soporte de memorización que memoriza un programa según la reivindicación 7.

15

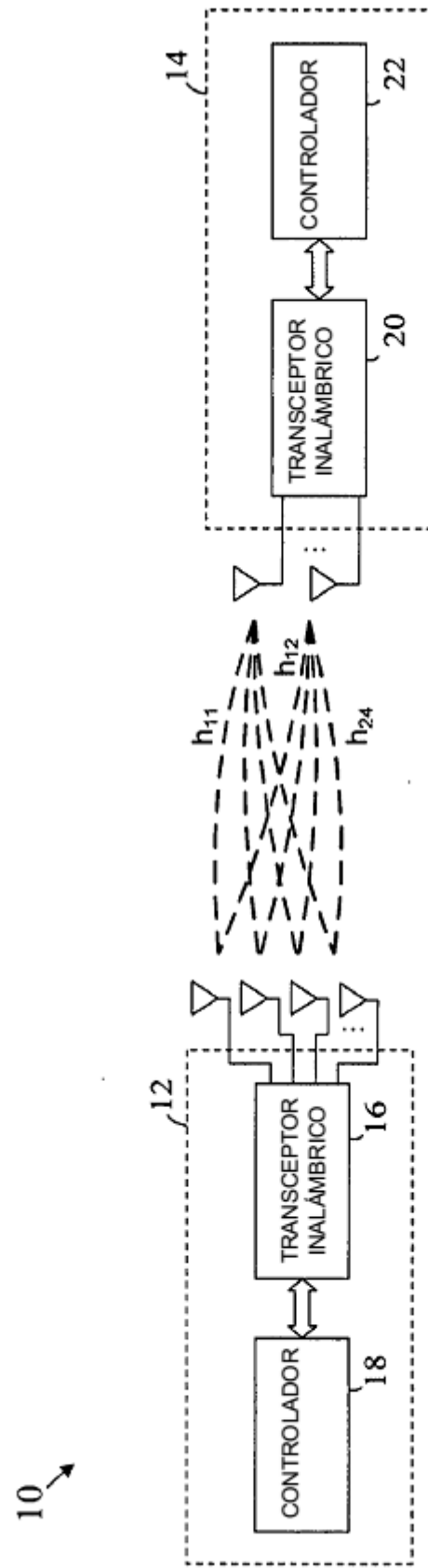


Fig. 1

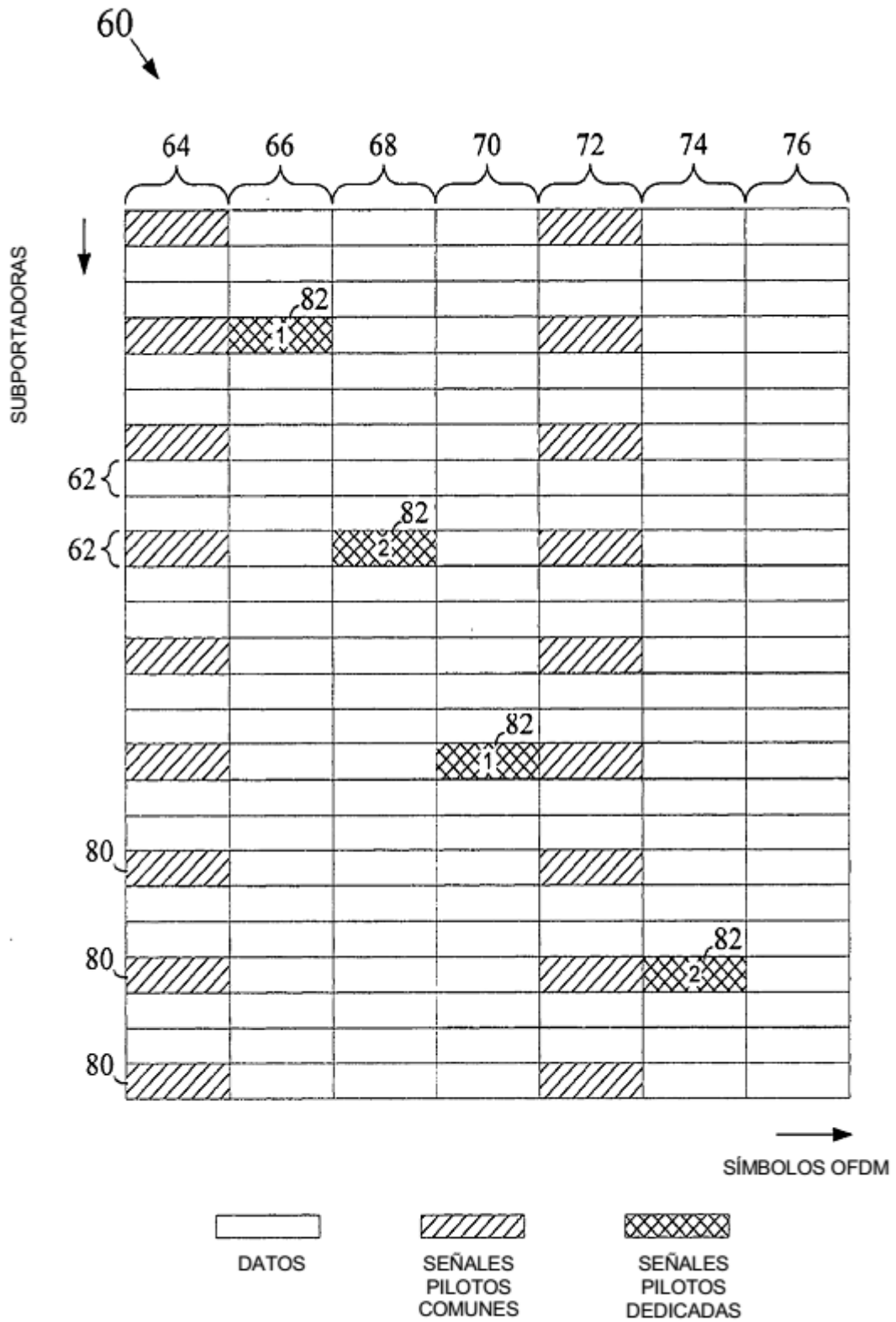
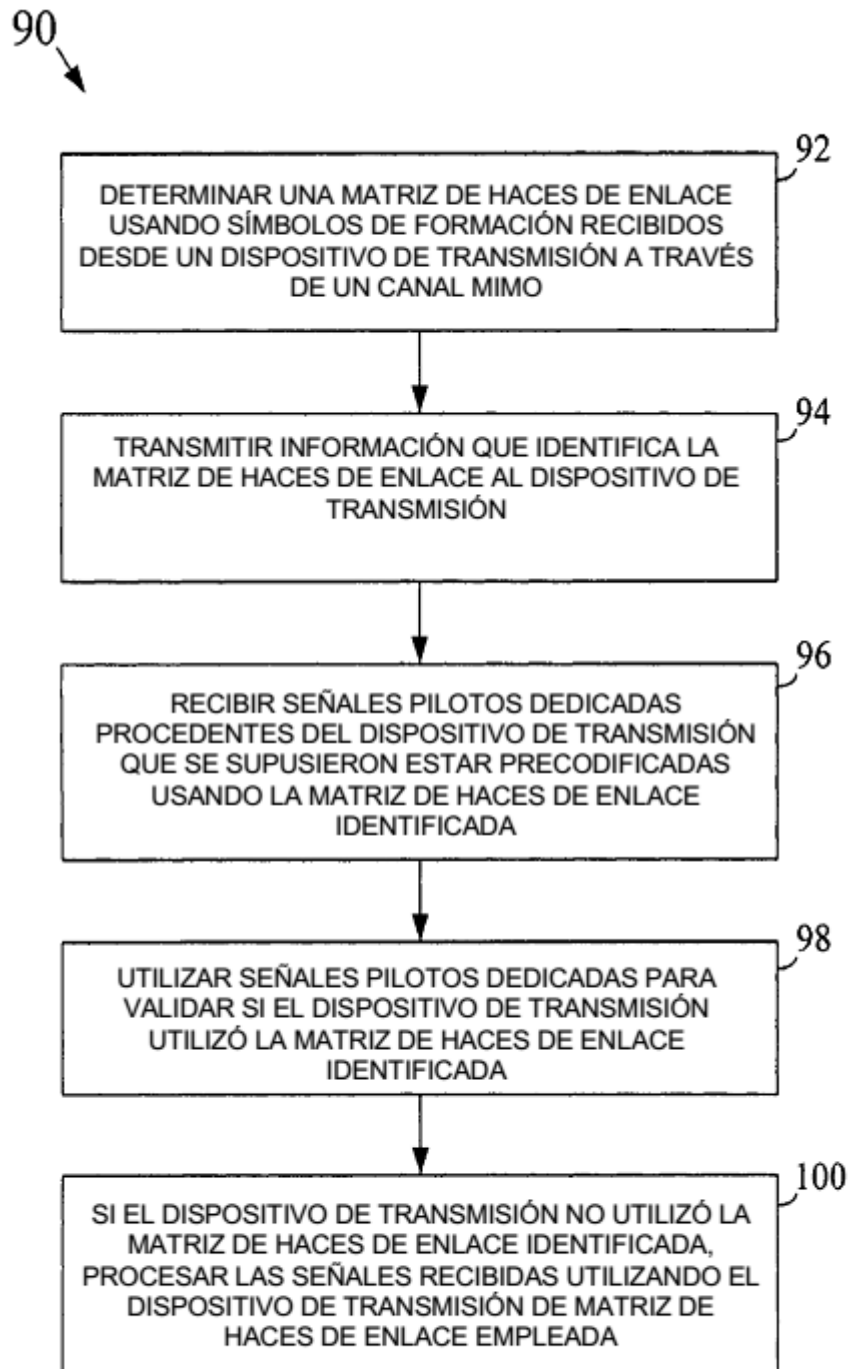
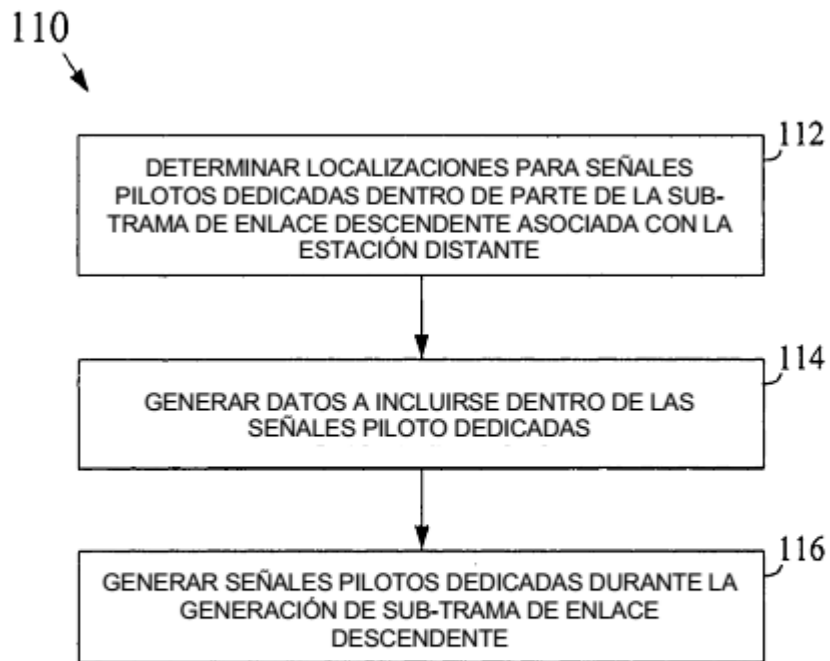


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**