

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 355**

51 Int. Cl.:

H04B 1/69 (2011.01)
H04L 25/02 (2006.01)
H04L 1/06 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)
H04B 7/08 (2006.01)
H04B 1/7163 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2005 E 05017961 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 1755231**

54 Título: **Sistema de comunicación inalámbrico de múltiple entrada múltiple salida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.07.2013

73 Titular/es:

**MOSAID TECHNOLOGIES INCORPORATED
(100.0%)
11 Hines Road, Suite 203
Ottawa, ON K2K 2X1 , CA**

72 Inventor/es:

**ZHANG, HONGGANG, DR. y
ZHOU, XIAOFEI**

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 415 355 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

Sistema de comunicación inalámbrico de múltiple entrada múltiple salida

5 Esta invención se refiere a un receptor para recibir datos en un sistema de comunicación inalámbrico de ultra banda
 ancha (UWB) de múltiple entrada múltiple salida (MIMO) y a un transmisor para transmitir datos en este sistema de
 comunicación. Además, la invención se refiere a un método para transmitir datos en este sistema y a un método
 para recibir datos en este sistema. Tal sistema ofrece una calidad de enlace inalámbrico mejorada y unas ganancias
 10 de capacidad, que pueden explotarse usando múltiples antenas en ambos extremos de un enlace. Una forma
 eficiente de explotación de los canales inalámbricos MIMO es el uso de técnicas de diversidad de transmisión por
 medio de una codificación de bloques espacio temporal (STBC) en la que la idea clave es obtener igualmente la
 diversidad espacial y las ganancias de codificación en el receptor con solo un simple procesamiento de detección
 lineal tanto en el desvanecimiento plano, así como en el entorno de desvanecimiento selectivo de frecuencia multi-
 ruta. Para este fin se hace referencia a las siguientes publicaciones:

15 [1] S.M. Alamouti "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications", IEEE J.Select.Areas
 Commun., volumen 16, número 08, páginas 1451-1458, Octubre de 1998.

[2] V.Tarokh et al. "Space-time block coding for wireless communications: performance results ", IEEE J.Select.Areas
 20 Commun, volumen 17, número 03, páginas 451-460, Marzo de 1999.

[3] E. Lindskog et al. "A transmit diversity scheme for channels with intersymbol interference" Proc. IEEE, Int. Conf.
 Communications 2000, Nueva Orleans, páginas 307-311, Junio de 2000.

25 En el marco de las comunicaciones inalámbricas de ultra banda ancha (UWB) hay un número de subconjuntos de
 frecuencia disponibles entre el conjunto de la banda ancha de frecuencia UWB (3,1 a 10,6 GHz). Por lo tanto, la
 utilización cooperativa de las múltiples sub-bandas de frecuencias UWB en una manera de transmisiones MIMO de
 diversidad de frecuencia es un enfoque técnico natural y de eficacia del espectro limitado en potencia así como un
 entorno de funcionamiento limitado en interferencia para los sistemas de comunicación inalámbrica UWB, que-
 30 además sugiere el uso de la arquitectura MIMO y la codificación de bloque de espacio frecuencia (SFBC). En este
 contexto, se hace referencia a:

[4] L.Yang et al., "Analog space-time coding for multi-antenna ultra-wideband transmissions" en IEEE Trans.Comm.,
 volumen 52, número 03, páginas 507-517, Marzo de 2004.

35 [5] W.P.Siriwongpairat et al., "Performance analysis of time hopping and direct sequence UWB spare-timing systems"
 en IEEE GLOBECOM 2004, volumen: 6, páginas 3526-3530, Diciembre de 2004.

40 Además, la solicitud de patente de Estados Unidos US 2004/081073 A1 desvela un sistema de comunicación
 inalámbrico MIMO que comprende un receptor de ultra banda ancha con múltiples antenas de transmisión y un
 receptor de ultra banda ancha con múltiples antenas de recepción que incorpora una unidad de codificación de
 bloque de espacio frecuencia en el transmisor y en el receptor.

45 Este estado de la técnica no considera el problema de los canales de desvanecimiento multi-ruta dependientes de la
 frecuencia que corresponden a las sub-bandas de frecuencia UWB diferentes, en los que las comunicaciones
 inalámbricas MIMO-UWB sufren de desvanecimientos selectivos de frecuencia multi-ruta severos, y la ortogonalidad
 de los canales requerida por SFBC podría perderse en el lado del receptor. Es necesario un algoritmo de
 combinación de recepción efectivo con recuperación de ortogonalidad MIMO para realizar la completa diversidad
 50 espacial así como la ganancia de codificación.

El objetivo de la presente invención es lograr la diversidad completa y las ganancias de codificación. Este objetivo se
 logra mediante el receptor de acuerdo con la reivindicación 1, el transmisor como se define en la reivindicación 4, y
 los métodos para transmitir y recibir datos, respectivamente, de acuerdo con las reivindicaciones 7 y 9. Los detalles
 de las realizaciones preferidas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes. Resumido
 brevemente, las señales MIMO recibidas se desacoplan por medio de un procesamiento de desacoplamiento de las
 55 señales MIMO entrantes recibidas por los circuitos de matriz combinadores, en los que se realiza el procesamiento
 de intercambio de frecuencia para recuperar la ortogonalidad perdida de los canales inalámbricos MIMO.

La invención se describirá a partir de ahora por medio de los dibujos adjuntos.

60 La figura 1 es un diagrama que muestra la diversidad de frecuencia en base a la múltiple división de sub-bandas en
 un sistema inalámbrico UWB.

La figura 2 muestra una representación de bloques de un transmisor UWB usando la codificación de bloque de
 65 espacio frecuencia (SFBC) para un canal inalámbrico MIMO.

La figura 3 muestra una representación de bloques de un receptor UWB para un canal inalámbrico MIMO en base a SFBC que incluye un circuito de desacoplamiento y de combinación.

5 La figura 4 muestra la estructura de desacoplamiento y de combinación con un procesamiento de intercambio de frecuencia en el receptor que corresponde a un canal inalámbrico dependiente de la frecuencia MIMO en base a SFBC.

10 En el eje horizontal del diagrama mostrado en la figura 1, se representa la frecuencia en GHz mientras que el eje vertical representa el nivel de potencia radiada de forma isótropa UWB (en dBm/MHz). El canal WLAN se localiza entre 5 y 6 MHz.

15 En el lado del transmisor (figura 2) el esquema de transmisión MIMO en base a SFBC puede describirse de la siguiente manera: En la sub-banda f_1 de frecuencia UWB se envían dos secuencias de señal desde una unidad 1 de datos de entrada a un codificador 2 en el que se codifican de acuerdo con una codificación de bloque de espacio frecuencia (SFBC) y, a continuación, se modula por un generador 3 de impulsos multi-banda antes de que se aplique a una primera antena A1 de transmisión y a una segunda antena A2 de transmisión, respectivamente. A continuación, en la sub-banda f_2 de frecuencia UWB se transmite el negativo y la versión conjugada compleja de la segunda secuencia de señal a través de la primera antena A1 de transmisión y se transmite la versión conjugada compleja de la primera secuencia de señal a través de la segunda antena A2 de transmisión. El canal inalámbrico MIMO entre el transmisor (figura 2) y el receptor (figura 3) puede describirse por la siguiente matriz:

$$H = \begin{bmatrix} h_{1,f1}(t) & h_{2,f1}(t) \\ h_{2,f2}^*(t) & -h_{1,f2}^*(t) \end{bmatrix}$$

25 $h_{1,f1}(t)$ y $h_{1,f2}(t)$ son los canales multi-ruta selectivos de frecuencia desde la antena A1 de transmisión al receptor en las sub-bandas f_1 , y f_2 de frecuencia UWB diferentes, respectivamente. De manera similar, $h_{2,f1}(t)$ y $h_{2,f2}(t)$ son los canales multi-ruta selectivos de frecuencia desde la antena A2 de transmisión al receptor en las sub-bandas f_1 , y f_2 de frecuencia UWB diferentes, respectivamente.

30 En el lado del receptor MIMO (figuras 3 y 4), una red de antenas (por ejemplo, dos antenas R1 y R2 de recepción) recibe estas señales y las aplica a un circuito 4 de procesamiento de desacoplamiento y de combinación. También se aplican a un estimador 5 de canal que hace disponible la información de estado del canal para el circuito 4 de procesamiento de desacoplamiento y de combinación. Por lo tanto, este circuito es capaz de suministrar las señales desacopladas a una unidad 6 de procesamiento de banda base para la detección y liberarlas a una salida 6.

35 En la figura 4 la matriz en el circuito 4 describe la matriz de desacoplamiento y de combinación de acuerdo con la invención y que corresponde a los canales dependientes de la frecuencia inalámbricos MIMO en base a SFBC.

40 En la etapa de procesamiento del desacoplamiento y de la combinación MIMO, las secuencias de señal MIMO-UWB recibidas se introducen primero en un filtro 4 adaptado de desacoplamiento relacionado con SFBC, es decir, un circuito desacoplador y combinador, para formar las dos salidas desacopladas. A continuación, las dos secuencias de señales desacopladas se usan además de forma independiente para estimar las secuencias de señal primera y segunda transmitidas originalmente. La información de estado del canal necesaria está disponible a partir de una unidad 5 estimadora MIMO. Por consiguiente, la siguiente etapa de detección puede realizarse con una unidad 6 de detección de procesamiento de banda base general (por ejemplo, un error cuadrático medio mínimo o un detector Rake MMSE). Mientras que en la codificación de bloques espacio temporal (STBC) convencional la razón para la detección de recepción lineal simplificada es el proceso de recuperación de ortogonalidad del canal de manera que $H^H H$ es la diagonal, de acuerdo con la presente invención H es el canal inalámbrico MIMO y H^H es la matriz del combinador de desacoplamiento MIMO correspondiente en el lado del receptor (H^H significa transposición de matriz y operación conjugada compleja).

50 Contrariamente al estado de la técnica como se ha descrito anteriormente, la invención mantiene un algoritmo de desacoplamiento específico y un circuito 4 de procesamiento del combinador empleando una matriz H_F^H , con la operación de intercambio de frecuencia para recuperar la ortogonalidad correspondiente al canal inalámbrico MIMO en base a SFBC.

55 Para la unidad de procesamiento de desacoplamiento y de combinación, la operación de la matriz H_F^H se define como una transposición de matriz, una conjugada compleja y una operación de intercambio de frecuencia. Específicamente, las siguientes definiciones que corresponden a cada elemento en la matriz H_F^H son verdaderas:

$$\begin{aligned} (h_{1,f1}(t))^* &= h_{1,f2}^*(t), \quad (f_1 \Rightarrow f_2); \quad (h_{2,f1}(t))^* &= h_{2,f2}^*(t), \quad (f_1 \Rightarrow f_2) \\ (h_{1,f2}(t))^* &= h_{1,f1}^*(t), \quad (f_2 \Rightarrow f_1); \quad (h_{2,f2}(t))^* &= h_{2,f1}^*(t), \quad (f_2 \Rightarrow f_1) \end{aligned}$$

5 en la que (*) representa la conjugada compleja y la operación de intercambio de frecuencia entre las sub-bandas de frecuencia UWB diferentes tales como f_1 y f_2 . La operación de matriz H_F^H específica con el intercambio de frecuencia es únicamente válida para el procedimiento de desacoplamiento del receptor MIMO en base a SFBC correspondiente a la invención.

10 El receptor, el transmisor y los métodos de acuerdo con la presente invención permiten una utilización cooperativa de las múltiples sub-bandas de frecuencia UWB de una manera eficiente del espectro y de la completa diversidad espacial y de las ganancias de codificación de la arquitectura of MIMO. Por otra parte, puede lograrse la SFBC incluso en un canal de desvanecimiento multi-ruta de frecuencia selectiva, dependiente de la frecuencia.

15 El receptor, el transmisor y los métodos relacionados pueden aplicarse a la retransmisión multi-salto cooperativa entre múltiples nodos distribuidos en redes UWB ad-hoc, así como en redes de sensores UWB. Se supera el problema de la falta de sincronización perfecta, en el retardo de propagación y del tiempo de retransmisión entre los nodos de retransmisión intermedios durante el uso de un esquema de cooperación en base a la codificación de bloque espacio temporal, y es capaz de proporcionar potencialmente una completa diversidad espacial y de frecuencia.

REIVINDICACIONES

1. Un receptor para recibir datos en un sistema de comunicación inalámbrico de ultra banda ancha, UWB, de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, que tiene múltiples sub-bandas (f_1, f_2) de frecuencia diferentes, comprendiendo el receptor
- 5 - dos antenas (R1, R2) de recepción, para recibir señales;
- 10 - medios (4, 5) de recepción para aplicar un procesamiento de desacoplamiento y de combinación a las señales recibidas para formar dos señales de salida desacopladas suministradas a una unidad (6) de detección de procesamiento de banda base;
- 15 - dichos medios (4, 5) de recepción para aplicar un procesamiento de desacoplamiento y de combinación a las señales recibidas, que comprenden además medios (4, 5) para procesar una operación H_F^H de matriz para un procesamiento de cambio de frecuencia, de tal manera que cada elemento de la matriz se define de la siguiente manera:

$$(h_{1,\Omega}(t))^* = (h_{1,\Omega}^*(t)) ;$$

$$(h_{2,\Omega}(t))^* = (h_{2,\Omega}^*(t))$$

$$(h_{1,\Omega}(t))^* = (h_{1,\Omega}^*(t)) ;$$

$$(h_{2,\Omega}(t))^* = (h_{2,\Omega}^*(t))$$

- 20 en la que * representa la conjugada compleja y la operación de intercambio de frecuencia entre las dos sub-bandas de frecuencia mencionadas; en la que $h_{1,f1}$ y $h_{1,f2}$ modelan los canales multi-ruta selectivos de frecuencia desde la primera antena de transmisión al receptor en dichas sub-bandas f_1 y f_2 de frecuencia diferentes, y $h_{2,f1}$ y $h_{2,f2}$ modelan los canales multi-ruta selectivos de frecuencia desde la segunda antena de transmisión al receptor en dichas sub-bandas f_1 y f_2 de frecuencia diferentes, y
- 25 - medios para usar dichas señales desacopladas de forma independiente para estimar unas secuencias de señal primera y segunda transmitidas originalmente.
- 30 2. El receptor de la reivindicación 1 en el que la unidad (6) de detección de procesamiento de banda base comprende un detector Rake, o.
3. El receptor de una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2 en el que un ancho de banda del receptor incluye frecuencias desde aproximadamente 3,1 GHz hasta aproximadamente 10,6 GHz.
- 35 4. Un sistema de comunicación inalámbrico de ultra banda ancha, UWB, de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, que tiene múltiples sub-bandas (f_1, f_2) de frecuencia diferentes, comprendiendo el sistema un receptor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3.
- 40 5. Un método para recibir datos en un sistema de comunicación inalámbrico de ultra banda ancha, UWB, de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, que tiene múltiples sub-bandas (f_1, f_2) de frecuencia diferentes, que comprende:
- 45 - aplicar un procesamiento de desacoplamiento y de combinación a las señales recibidas para formar dos señales de salida desacopladas suministradas a una unidad (6) de detección de procesamiento de banda base;
- procesar una operación H_F^H de matriz para un procesamiento de cambio de frecuencia, de tal manera que cada elemento de la matriz se define de la siguiente manera:

$$(h_{1,\Omega}(t))^* = (h_{1,\Omega}^*(t)) ;$$

$$(h_{2,\Omega}(t))^* = (h_{2,\Omega}^*(t))$$

$$(h_{1,\Omega}(t))^* = (h_{1,\Omega}^*(t)) ;$$

$$(h_{2,\Omega}(t))^* = (h_{2,\Omega}^*(t))$$

en la que * representa la conjugada compleja y la operación de cambio de frecuencia entre las dos sub-bandas de frecuencia mencionadas, en la que $h_{1,f1}$ y $h_{1,f2}$ modelan los canales multi-ruta selectivos de frecuencia desde la primera antena de transmisión al receptor en dichas sub-bandas $f1$ y $f2$ de frecuencia diferentes, y $h_{2,f1}$ y $h_{2,f2}$ modelan los canales multi-ruta selectivos de frecuencia desde la segunda antena de transmisión al receptor en dichas sub-bandas $f1$ y $f2$ de frecuencia diferentes;

- 5
- 10 - usar dichas señales desacopladas de forma independiente para estimar las secuencias de señal primera y segunda transmitidas originalmente.

6. El método para recibir datos de la reivindicación 5 en el que la unidad (6) de detección de procesamiento de banda base proporciona además un método de detección Rake.

- 15 7. El método para recibir datos de una cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que un ancho de banda del sistema de comunicaciones inalámbrico UWB MIMO incluye frecuencias desde aproximadamente 3,1 GHz hasta aproximadamente 10,6 GHz.

- 20 8. Un método para procesar señales en un sistema de comunicación inalámbrico de ultra banda ancha, UWB, de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, que tiene múltiples sub-bandas (f_1 , f_2) de frecuencia diferentes, que comprende las etapas de transmisión de datos y de recepción de datos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 - 7.

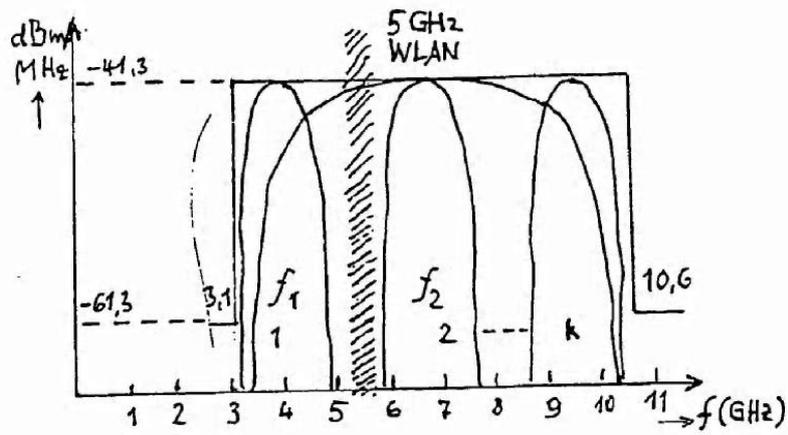


Fig. 1

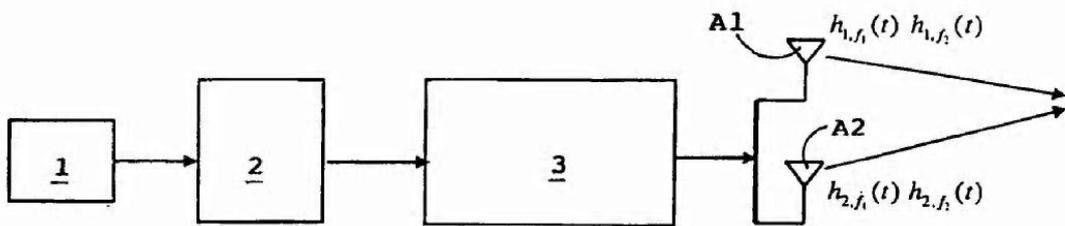


Fig. 2

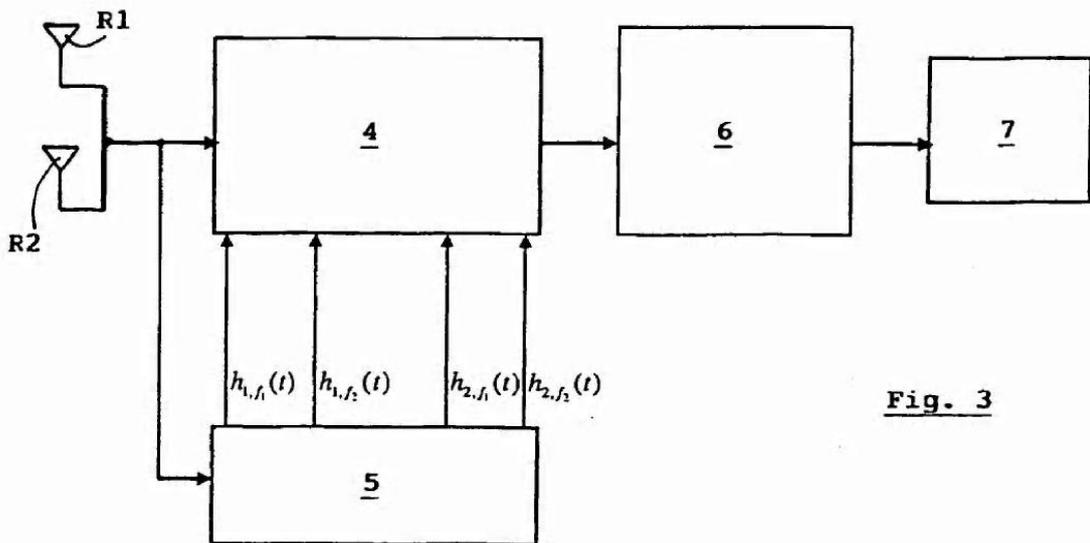


Fig. 3

