



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 334 869**

② Número de solicitud: 200701974

⑤ Int. Cl.:  
**H01Q 21/28** (2006.01)  
**H04B 7/04** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **13.07.2007**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2010**

Fecha de la concesión: **04.01.2011**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:  
**18.11.2010**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **17.01.2011**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**17.01.2011**

⑦ Titular/es: **Universidad Politécnica de Cartagena**  
**Edificio La Milagrosa**  
**Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n**  
**30202 Cartagena, Murcia, ES**

⑦ Inventor/es: **Sánchez Hernández, David;**  
**Martínez González, Antonio Manuel y**  
**Valenzuela Valdés, Juan Francisco**

⑦ Agente: **Temño Cenicerros, Ignacio**

⑤ Título: **Sistema para comunicar una señal.**

⑤ Resumen:

Sistema para comunicar una señal.

La invención se refiere a un sistema para comunicar una señal, entre unos medios de emisión de la señal y unos medios de recepción de la señal, comprendiendo los medios de emisión de la señal una agrupación de antenas de emisión, y comprendiendo los medios de recepción de la señal una agrupación de antenas de recepción. Se caracteriza por el hecho de que entre la agrupación de antenas de emisión y la agrupación de antenas de recepción se utilizan más de dos estados de polarización.

Se consigue un aumento de la capacidad de transmisión y una reducción de la separación necesaria entre las antenas para poder conseguir las mismas prestaciones de capacidad que los sistemas tradicionales.

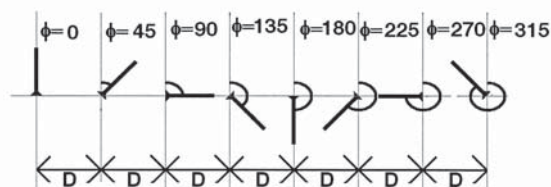


Figura 2

ES 2 334 869 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Sistema para comunicar una señal.

5 La presente invención se refiere a un sistema para comunicar una señal, entre unos medios de emisión de la señal y unos medios de recepción de la señal, comprendiendo los medios de emisión de la señal una agrupación de antenas de emisión, y comprendiendo los medios de recepción de la señal una agrupación de antenas de recepción. Más concretamente, la invención se refiere a un sistema para comunicar una señal que utiliza más de dos polarizaciones distintas en las agrupaciones de antenas de emisión, recepción, o ambas, de forma que se aproveche la propagación multi-camino para obtener señales parcialmente decorreladas.

**Antecedentes de la invención**

15 Los sistemas MIMO son aquellos en los que tanto transmisor como receptor, o ambos, emplean múltiples antenas (figura 1) para mejorar la transferencia de datos respecto de un sistema SISO que emplea solamente una antena en transmisión y otra en recepción. En los sistemas MIMO, el dispositivo receptor combina las señales recibidas mediante diferentes algoritmos para obtener los datos transmitidos.

20 En la figura 1, la referencia numérica 1 es un subsistema de transmisión de comunicaciones inalámbricas; la referencia numérica 2 es un subsistema de recepción de comunicaciones inalámbricas; la referencia numérica 3 es una agrupación de tres antenas en transmisión; la referencia numérica 4 corresponde a una agrupación de tres antenas en recepción; y la referencia numérica 5 corresponde a múltiples caminos que sigue la señal entre transmisión y recepción.

25 Los sistemas MIMO se utilizan en entornos donde la propagación multi-camino generada por múltiples agrupaciones (“clusters”) proporciona señales distintas en cada una de las antenas de recepción.

30 Los sistemas MIMO actuales usan habitualmente procedimientos de diversidad espacial (“*spatial diversity*”), diversidad de polarización (“*polarization diversity*”) o diversidad de diagrama de radiación (“*pattern diversity*”) para mejorar la ganancia de diversidad o capacidad MIMO del sistema. La diversidad espacial está limitada por el tamaño de los terminales, cada día más pequeños. La utilización de la diversidad de polarización se define como el empleo de dos polarizaciones ortogonales en las agrupaciones de antenas de emisión y recepción, por lo que se evalúa típicamente la diversidad de polarización cruzada (XPD), es decir, qué parte de la potencia de un sistema transmisor polarizado verticalmente se recibe por un receptor polarizado horizontalmente, o de forma ortogonal entre dos polarizaciones distintas. Por último la diversidad de diagrama de radiación implica costosos diseños de las antenas. Por tanto las tres diversidades utilizadas actualmente están limitadas por diferentes factores.

40 Por otra parte se utilizan diversos tipos de antenas en el transmisor haciendo que no se pueda asumir la dominancia de una polarización concreta en el transmisor. Además, en entornos urbanos y asumiendo que el transmisor emplea polarización vertical, ésta no resulta dominante en el receptor. La ausencia del dominio de una polarización concreta en suma con la dispersión multi-camino que ocurre en algunos entornos puede dar lugar a que el canal se comporte de forma diferente para cada estado de polarización.

45 Dado que para los sistemas MIMO no es necesario que los canales estén totalmente decorrelados para obtener capacidades casi máximas, es decir, que no es necesario que la energía transmitida en una polarización concreta tenga que desacoplarse a una polarización ortogonal (decorrelación casi total), tiene más sentido emplear diversos y arbitrarios estados de polarización de manera que se obtengan distintas señales parcialmente decorreladas con las que se pueda obtener mejora de las capacidades de transmisión. El uso de más de dos estados distintos de polarización tanto en el receptor como en el transmisor o en ambos es parte del procedimiento que se reivindica en esta solicitud como una innovación en los sistemas *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). Este sistema, que recibe el nombre de Auténtica Diversidad de Polarización (ADP), puede ser aplicado a cualquier sistema de comunicaciones inalámbricas que utilice una agrupación de antenas.

**Descripción de la invención**

55 A partir de lo descrito anteriormente, es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema para comunicar una señal que permite incrementar la capacidad de un sistema de comunicaciones inalámbricas, proporcionando un mayor ancho de banda y una mayor velocidad de transmisión.

60 Este objetivo se consigue de acuerdo con la reivindicación 1, proporcionando un sistema para comunicar una señal, en el que entre la agrupación de antenas de emisión y la agrupación de antenas de recepción se utilizan más de dos estados de polarización. Estos estados de polarización pueden ser obtenidos de diversas formas entre las que se encuentra la obtención de polarizaciones óptimas por cualquier método de optimización (uso de algoritmos genéticos, algoritmos quasi-Newton ...etc.). Las ventajas que proporciona este sistema de múltiples polarizaciones son un aumento de la capacidad de transmisión y una reducción de la separación necesaria entre las antenas para poder conseguir las mismas prestaciones de capacidad que los sistemas tradicionales.

65 De acuerdo con una realización de la invención, se utilizan estados de polarización entre 0 y  $\alpha_{\max}$ , donde  $\alpha_{\max}$  corresponde al ángulo máximo que puede adoptar una antena polarizada linealmente comprendida en la agrupación de

## ES 2 334 869 B2

antenas de emisión o la agrupación de antenas de recepción. El uso de múltiples polarizaciones entre 0 y  $\alpha_{\max}$  supone el aumento de la capacidad en entornos donde existe predominancia de un tipo de polarización determinado, ya sea por las características de la emisión de la señal como por las características de la propagación de la señal, limitando los estados de polarización entre 0 y  $\alpha_{\max}$ .

5

Según otra realización de la invención, los estados de polarización se utilizan de forma secuencial y no se pueden repetir. En este caso, los estados de polarización se pueden obtener a partir de la fórmula:

10

$$\phi_n = \frac{(n-1) * \alpha_{\max}}{N}$$

15

donde  $\Phi_n$  es la polarización de la antena n y N es el número de antenas de la agrupación. Esta realización de la invención proporciona un aumento de la capacidad en entornos donde no existe predominancia de un tipo de polarización determinado, ya sea por las características de la emisión de la señal como por las características de la propagación de la señal. Por tanto, se pueden utilizar todos los estados de polarización.

20

Alternativamente, los estados de polarización se pueden utilizar de forma secuencial y se pueden repetir, en cuyo caso los estados de polarización pueden obtenerse a partir de la fórmula:

25

$$\phi_n = \frac{(n-1) * \alpha_{\max} * M}{N}$$

30

donde  $\Phi_n$  es la polarización de la antena n, N es el número de antenas de la agrupación y M es el número de veces que se repiten los estados de polarización. Esta realización de la invención es adecuada para sistemas electromagnéticamente complejos, donde cabe la posibilidad de reutilizar las distintas polarizaciones M veces. El método para determinar el número de veces que se reutiliza una polarización (M) puede ser cualquier método de optimización, tal como los algoritmos genéticos o los métodos quasi-Newton. Esta realización de la invención proporciona un aumento de la capacidad del sistema en entornos tales como los descritos anteriormente.

35

También alternativamente, los estados de polarización pueden obtenerse de forma arbitraria, pudiendo repetirse, lo que proporciona una mejora en la capacidad en entornos donde no se tiene conocimiento *a priori* de las características de propagación de la polarización, ni si hay o no predominancia de una determinada polarización.

40

De acuerdo con una realización de la invención, al menos una antena de entre la agrupación de antenas de emisión y la agrupación de antenas de recepción es una antena con diagrama de radiación simétrico. En dicho caso, la diversidad de polarización se limita por la simetría del diagrama de radiación pero se puede obtener un aumento de la capacidad utilizando diversas polarizaciones dentro de la parte no simétrica.

45

De acuerdo con otro aspecto, la invención proporciona un sistema de comunicaciones inalámbricas que comprende medios de emisión de una señal, medios de recepción de dicha señal, y un sistema para comunicar una señal entre los medios de emisión de la señal y los medios de recepción de la señal, tal como el descrito anteriormente. Este sistema, proporciona un aumento de la capacidad y, por tanto, de ancho de banda del sistema de comunicaciones inalámbricas en multitud de escenarios distintos, según la forma de implementar la técnica de uso de múltiples polarizaciones.

50

Como otro aspecto importante de la invención es que este sistema de comunicación usando múltiples polarizaciones se puede aplicar con cualquiera de los siguientes sistemas:

55

- Diferentes tipos de antenas (monopolos, dipolos, antenas de parche ... etc.).
- Diferentes topologías de agrupaciones de antenas (lineales, circulares, elípticas, espirales o cualquier otro tipo de topología o distribución espacial de las antenas).
- Diferentes sistemas inalámbricos tales como *WiFi*, *WiMax*, *IEEE 802.16*, *HyperLand 1*, *HyperLan 2*, *ZigBee*, *WMTS*, *Bluetooth*, *HomeRF*, *RWR*, *RFID*, *UWB*, *WLL*, *HisWAN*, *MMDS*, *LMDS*, *DSM*, *SMS* y *DSAC*.
- Configuraciones de agrupaciones de antenas que utilicen uno o varios sectores en los que se configure la estación base del sistema de comunicaciones inalámbricas.
- Configuraciones caracterizadas por utilizar uno o varios módulos apilables por sector para configurar la estación base del sistema de comunicaciones inalámbricas.

65

### Breve descripción de los dibujos

Para mayor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los cuales, esquemáticamente y sólo a título de ejemplo no limitativo, se representan casos prácticos de realización.

En los dibujos:

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema MIMO, de acuerdo con el estado de la técnica;

La Figura 2 muestra una representación gráfica de un ADP simple con  $N=8$ . En dicha figura se presentan 8 polarizaciones distintas para una agrupación de 8 elementos utilizando la ADP en su primera variante;

La Figura 3 muestra una representación gráfica de un ADP múltiple con  $N=8$  y  $M=2$ . En dicha figura se presentan 48 polarizaciones distintas para una agrupación de 8 elementos utilizando la ADP en su segunda variante;

La Figura 4 muestra una representación gráfica de la separación espacial  $D$  ( $d/\lambda$ ) y angular  $d\theta$  ( $^\circ$ ) frente a Diversidad de ganancia para  $T=3$  antenas transmisoras y  $R=3$  antenas receptoras. En dicha figura se presenta la equivalencia del procedimiento MIMO con ADP respecto del procedimiento MIMO con diversidad espacial;

La Figura 5 muestra una representación gráfica de la capacidad MIMO medida frente a relación señal a ruido (SNR) para diferentes sistemas con  $T=3$  antenas transmisoras y  $R=3$  antenas receptoras. En esta figura se observa como la capacidad aumenta considerablemente al utilizar el procedimiento ADP combinado con la diversidad espacial;

La Figura 6 muestra una representación gráfica de la diversidad de ganancia frente a potencia relativa recibida para diferentes sistemas con  $T=3$  antenas transmisoras y  $R=3$  antenas receptoras. En esta figura se observa como la diversidad de ganancia aumenta considerablemente al utilizar el procedimiento ADP combinado con la diversidad espacial.

### Descripción de una realización preferida de la invención

La Auténtica Diversidad de Polarización (ADP) consiste en utilizar múltiples estados de polarización en lugar de dos polarizaciones ortogonales. Este procedimiento también se puede utilizar combinado con la diversidad espacial de manera que las antenas estén separadas una menor distancia de separación espacial ( $D$ ) combinada con una polarización distinta para cada antena.

Dentro del sistema de Auténtica Diversidad de Polarización (ADP), de acuerdo con la invención, se proponen tres variantes:

1. *ADP simple*. Se utilizan estados de polarización entre 0 y  $\alpha_{\max}$  grados, donde  $\alpha_{\max}$  es el ángulo máximo que puede adoptar una antena polarizada linealmente (generalmente  $360^\circ$ , pero puede verse reducido por razones de orientación de la antena o simetría según el tipo de antena que se utilice). Estas polarizaciones se usan de forma secuencial y NO se pueden repetir las polarizaciones individuales elegidas. Se puede utilizar de manera combinada con el procedimiento de diversidad espacial. Las polarizaciones deben obedecer a la siguiente formulación:

$$\phi_n = \frac{(n-1) * \alpha_{\max}}{N}$$

donde  $\Phi_n$  es la polarización de la antena  $n$  y  $N$  es el número de antenas de la agrupación. En la figura 2 se puede observar la aplicación de esta técnica para el caso en el que las antenas sean monopolos.

2. *ADP múltiple*. Se utilizan estados de polarización entre 0 y  $\alpha_{\max}$  grados de forma secuencial, donde  $\alpha_{\max}$  es el ángulo máximo que puede adoptar la antena (generalmente  $360^\circ$ , pero puede verse reducido por razones de orientación de la antena o simetría según el tipo de antena que se utilice) y SÍ se pueden repetir las polarizaciones individuales elegidas. Se puede utilizar de manera combinada con el procedimiento de diversidad espacial. Las polarizaciones deben obedecer a la siguiente formulación:

$$\phi_n = \frac{(n-1) * \alpha_{\max} * M}{N}$$

donde  $\Phi_n$  es la polarización de la antena  $n$ ,  $N$  es el número de antenas de la agrupación y  $M$  es el número de veces que se repiten las polarizaciones. En la figura 3 se puede observar la aplicación de esta técnica para el caso en el que las antenas sean monopolos. Dependiendo de la distancia espacial que se utilice combinada con este procedimiento se obtendrá un  $M$  óptimo con el que el comportamiento del sistema MIMO sea el mejor para el volumen ocupado por la agrupación. Este  $M$  óptimo se puede obtener por cualquiera de los métodos de optimización conocidos, tales como algoritmos genéticos (AG), métodos quasi-Newton, etc.

3. *ADP arbitraria*. Se utilizan estados de polarización entre 0 y  $\alpha_{\max}$  grados, donde  $\alpha_{\max}$  es el ángulo máximo que puede adoptar la antena (generalmente 360°, pero puede verse reducido por razones de orientación de la antena o simetría según el tipo de antena que se utilice) y las polarizaciones se eligen de manera arbitraria, pudiendo repetir polarizaciones. Se puede utilizar de manera combinada con el procedimiento de diversidad espacial.

Para mostrar el potencial de la ADP se comparará con la diversidad espacial de forma aislada y se usará combinada con la diversidad espacial. En las figuras 4, 5 y 6 se muestran diversas comparativas entre la ADP simple y la diversidad espacial para 20 sistemas MIMO de tamaño 3x3 realizadas mediante medidas en una cámara de reverberación. En el eje Y de la figura 4 se muestra en un lado la separación espacial normalizada D ( $d/\lambda$ ) y en el otro la separación angular ( $d\theta$ ), mientras que en el eje X se muestra la diversidad de ganancia obtenida para el sistema con T=3 antenas transmisoras y R=3 antenas receptoras. En esta gráfica se observa claramente que se pueden obtener prácticamente los mismos resultados de diversidad de ganancia mediante el empleo de cualquiera de las dos técnicas.

Observando la figuras 5 y 6, que evalúan la capacidad MIMO y la diversidad de ganancia con la técnica ADP, es fácil darse cuenta que emplear la ADP combinada con la diversidad espacial con una separación entre antenas  $D=0.05 d/\lambda$  (línea roja con marcador cuadrado) es equivalente a utilizar una agrupación con una separación entorno a  $0.25 d/\lambda$  (línea amarilla con marcador en estrella) para el caso de emplear únicamente diversidad espacial. En otras palabras, la ADP puede ayudar a reducir la distancia entre antenas permitiendo distancias del orden de  $0.05 d/\lambda$  en lugar de  $0.25 d/\lambda$ , obteniéndose en ambos casos similares prestaciones tanto en diversidad de ganancia como en capacidad MIMO. Esto implica que el sistema ADP, además de resultar equivalente al procedimiento de diversidad espacial, puede resultar útil en la reducción del volumen necesario de las agrupaciones MIMO para terminales móviles cuando se combine con éste. Para la combinación de señales en las figuras 4, 5 y 6 se ha empleado la técnica de combinación de selecciones de diversidad (SC).

Este sistema de Auténtica Diversidad de Polarización (ADP) también puede utilizarse para antenas con diagramas de radiación simétricos, en cuyo caso el número de grados elegidos para la polarización de dichos elementos disminuiría en función de la simetría. El comportamiento del procedimiento ADP ha sido probado con éxito con medidas en la cámara de reverberación para dipolos a distintas frecuencias.

La realización preferida de la invención es utilizar la ADP en la cual las antenas en recepción sean antenas polarizadas linealmente en configuraciones MIMO 3X3, obteniendo las mejoras en diversidad de ganancia y capacidad del sistema que se ilustran en las Figuras 5 y 6.

A pesar de que se ha descrito y representado una realización concreta de la presente invención, es evidente que el experto en la materia podrá introducir variantes y modificaciones, o sustituir los detalles por otros técnicamente equivalentes, sin apartarse del ámbito de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

5 1. Sistema para transmitir una señal, entre unos medios de emisión de la señal y unos medios de recepción de la  
 10 señal, comprendiendo los medios de emisión de la señal una agrupación de antenas de emisión, y comprendiendo los  
 medios de recepción de la señal una agrupación de antenas de recepción, y donde entre la agrupación de antenas de  
 emisión y la agrupación de antenas de recepción se utilicen más de dos estados de polarización que se **caracteriza**  
 porque se utilizan estados de polarización entre 0 y  $\alpha_{\max}$ , donde  $\alpha_{\max}$  corresponde al ángulo máximo que puede adoptar  
 una antena polarizada linealmente comprendida entre la agrupación de antenas de emisión y la agrupación de antenas  
 de recepción.

2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que los estados de polarización se utilizan de  
 forma secuencial y no se pueden repetir.

15 3. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado** por el hecho de que los estados de polarización se obtienen a  
 partir de la fórmula:

$$20 \quad \phi_n = \frac{(n-1) * \alpha_{\max}}{N}$$

25 donde  $\Phi_n$  es la polarización de la antena n y N es el número de antenas de la agrupación.

4. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que los estados de polarización se utilizan de  
 forma secuencial y se pueden repetir.

30 5. Sistema según la reivindicación 4, **caracterizado** por el hecho de que los estados de polarización se obtienen a  
 partir de la fórmula:

$$35 \quad \phi_n = \frac{(n-1) * \alpha_{\max} * M}{N}$$

40 donde  $\Phi_n$  es la polarización de la antena n, N es el número de antenas de la agrupación y M es el número de veces  
 que se repiten los estados de polarización.

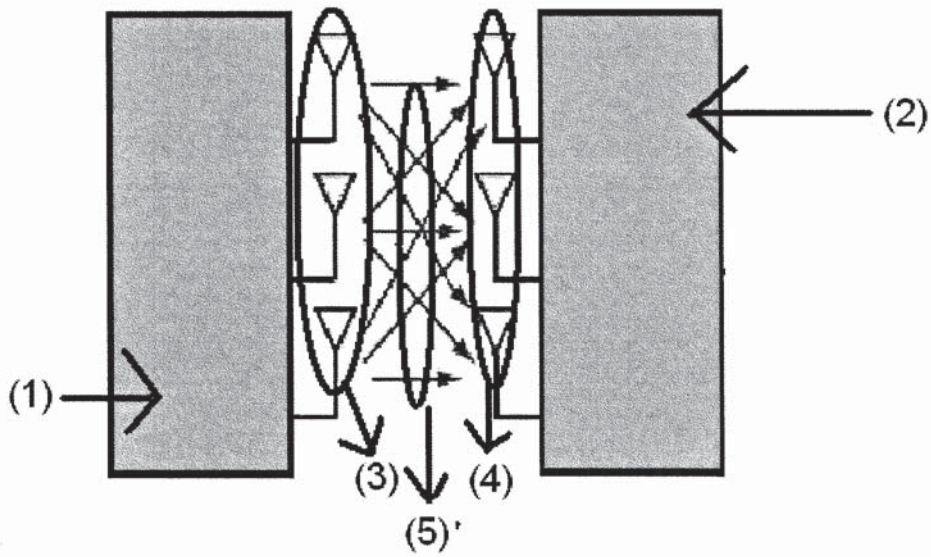
6. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que los estados de polarización se obtienen de  
 forma arbitraria, pudiendo repetirse.

45 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por el hecho de que al menos una antena  
 de entre la agrupación de antenas de emisión y la agrupación de antenas de recepción es una antena con diagrama de  
 radiación simétrico.

50 8. Sistema de comunicaciones inalámbricas que comprende medios de emisión de una señal, medios de recepción  
 de dicha señal, y un sistema para transmitir una señal entre los medios de emisión de la señal y los medios de recepción  
 de la señal, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

55 9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por el hecho de que la obtención de las  
 polarizaciones óptimas se realiza a partir de un método seleccionado de entre los siguientes métodos de optimización:  
 uso de Algoritmos Genéticos o métodos Quasi-Newton.

60 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** por el hecho de que la obtención del  
 número óptimo (M) de polarizaciones se realiza a partir de un método seleccionado de entre los siguientes métodos  
 de optimización: uso de Algoritmos Genéticos o métodos Quasi-Newton.



**SISTEMA MIMO 3x3**

Figura 1

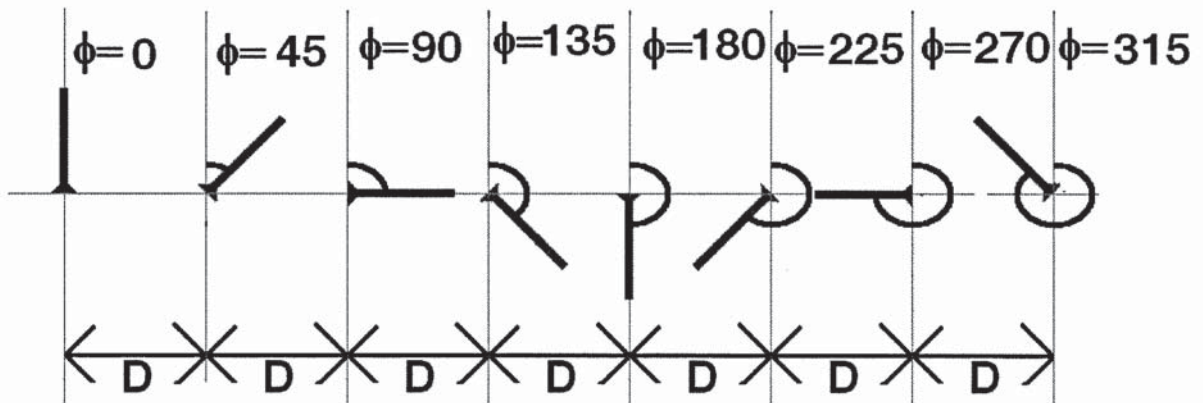


Figura 2



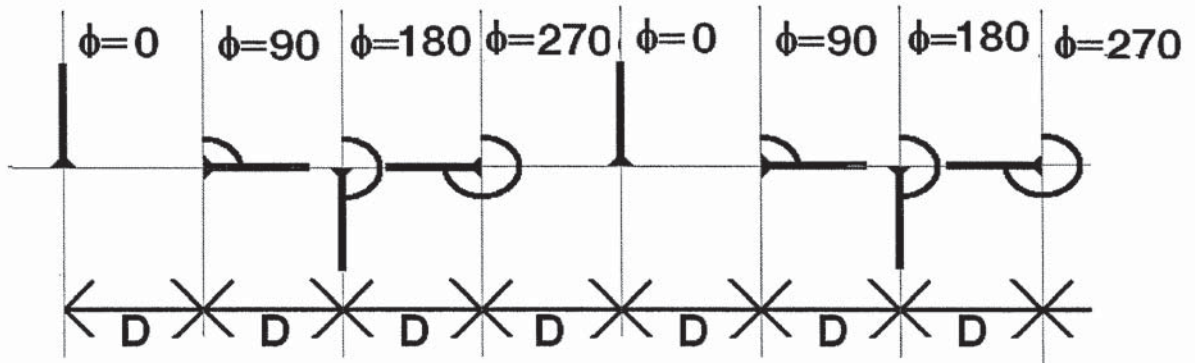


Figura 3

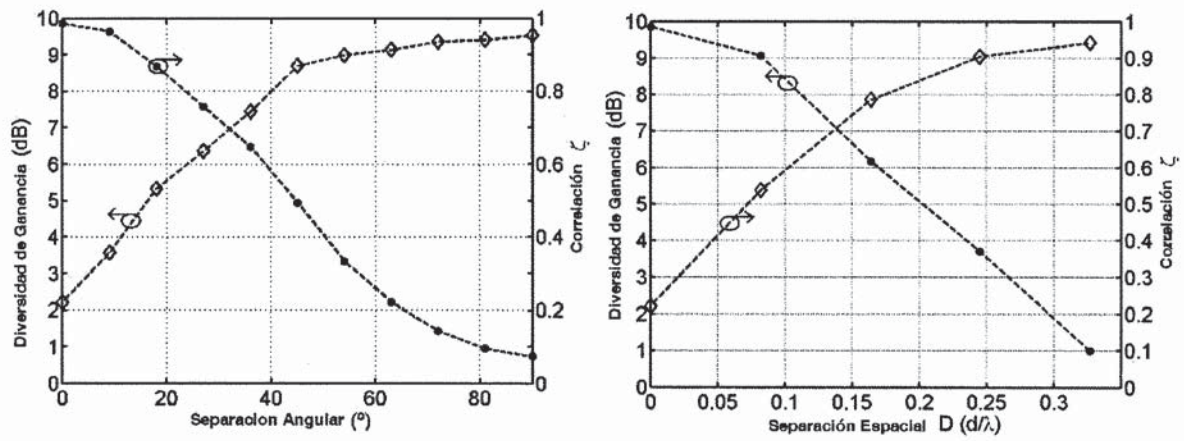


Figura 4.

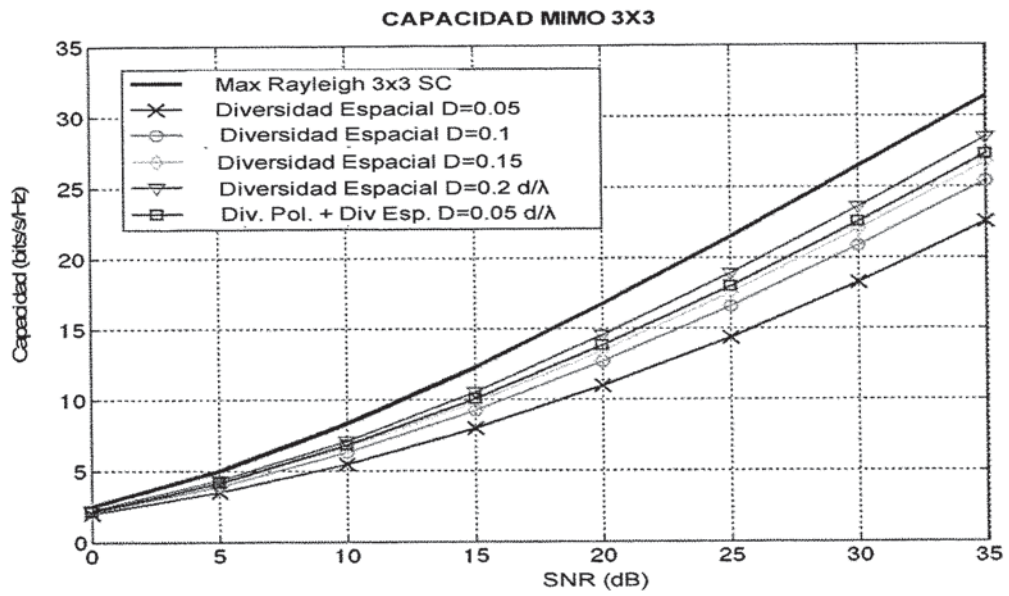


Figura 5.

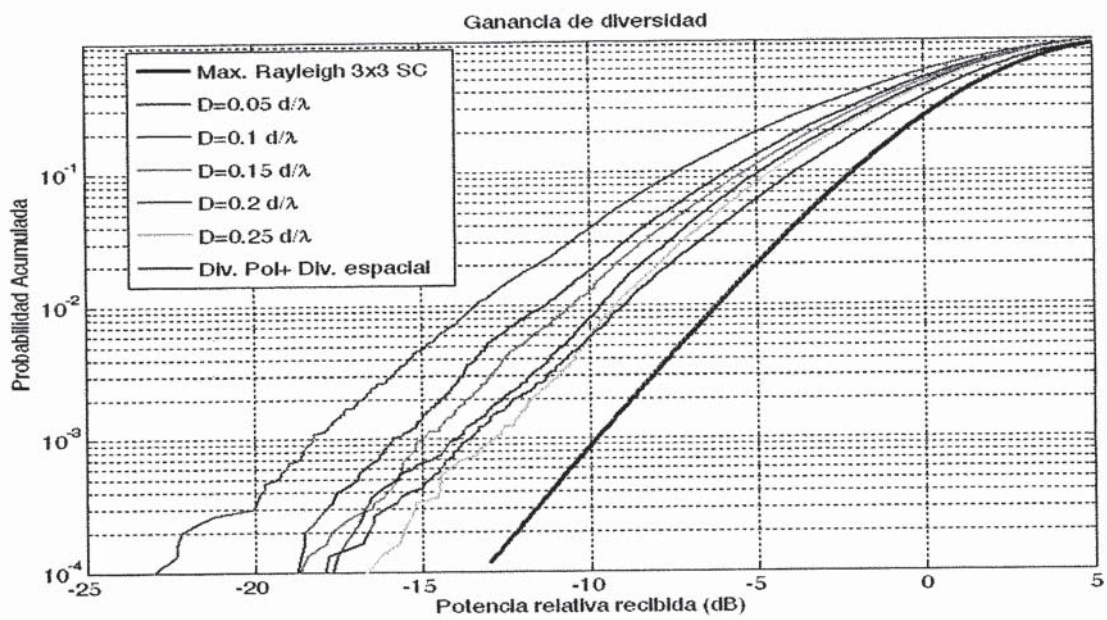


Figura 6.



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 334 869

② N° de solicitud: 200701974

③ Fecha de presentación de la solicitud: **13.07.2007**

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **H01Q 21/28** (2006.01)  
**H04B 7/04** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 03071633 A1 (AALBORG UNIVERSITET) 28.08.2003, todo el documento.	1
X	DIETRICH, C.B., Jr.; DIETZE, K.; NEALY, J.R.; STUTZMAN, W.L.. "Spatial, polarization, and pattern diversity for wireless handheld terminals" Antennas and Propagation, IEEE Transactions on Volume: 49, Issue: 9 Digital Object Identifier: 10.1109/8.947018 Publication Year: 2001, Página(s): 1271-1281 [en línea] [recuperado el 11.02.2010]. Recuperado de internet: <URL:http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber 947018>	1
A	VALENZUELA-VALDES J.F.; GARCIA-FERNANDEZ M.A.; MARTINEZ-GONZALEZ A.M.; SANCHEZ-HERNANDEZ D.. "The Role of Polarization Diversity for MIMO Systems Under Rayleigh-Fading Environments" IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, 01.12.2006 IEEE, PISCATAWAY, NJ, US, 01 diciembre 2006 (01.12.2006), vol. 5 nr. 1, páginas 534-536, XP011154649 ISSN 1536-1225.	1-11

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

01.03.2010

Examinador

J. Botella Maldonado

Página

1/1