

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 814**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04B 7/10** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2015 PCT/EP2015/054783**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2016 WO16141961**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2015 E 15708005 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 3266119**

54 Título: **Formación de haces usando una disposición de antena**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.10.2018**

73 Titular/es:  
**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**  
**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:  
**ATHLEY, FREDRIK y**  
**PETERSSON, SVEN**

74 Agente/Representante:  
**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 687 814 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

Formación de haces usando una disposición de antena

5 **Campo técnico**

Las realizaciones presentadas en el presente documento se refieren a la formación de haces, y particularmente a un método, a un conjunto de antenas, y a un programa informático para la formación de haces usando un conjunto de antenas que comprende elementos polarizados duales.

10

**Antecedentes**

En las redes de comunicaciones, puede haber un desafío para obtener un buen rendimiento y capacidad para un protocolo de comunicaciones determinado, sus parámetros y el entorno físico en el que se despliega la red de comunicaciones.

15

Un componente de las redes de comunicaciones inalámbricas donde puede ser difícil obtener un buen rendimiento y capacidad son las antenas de los nodos de red configuradas para las comunicaciones inalámbricas; hacia/desde otro nodo de red, y/o hacia/desde un terminal de usuario inalámbrico.

20

Por ejemplo, se espera que la formación de haces masiva, es decir, la formación de haces usando conjuntos de antenas activas con órdenes de magnitudes más elementos de antena que los usados en las redes de comunicaciones actuales, se convierta en un componente técnico en la parte de acceso de radio de las redes de comunicaciones de quinta generación (5G) futuras. Al usar grandes conjuntos de antenas en las estaciones base de radio, los datos del usuario pueden transmitirse enfocados en el espacio de modo que la energía sea recibida principalmente por el dispositivo inalámbrico dedicado por los datos del usuario, lo que hace que otros dispositivos inalámbricos u otros tipos de nodos perciban poca interferencia. La formación de haces masiva tiene, por lo tanto, el potencial de aumentar la capacidad del sistema y la eficiencia energética por órdenes de magnitudes.

25

Un posible problema con la formación de haces masiva puede estar relacionado con el hecho de que los haces pueden ser tan estrechos que los datos solo pueden ser recibidos por el dispositivo inalámbrico dedicado. Para los datos de usuario esto es deseable, pero algunos datos, por ejemplo, información del sistema, preferiblemente necesitan ser transmitidos a todos, o al menos a la mayoría de los dispositivos inalámbricos (es decir, difundidos) en la red de comunicaciones.

30

35

Por lo tanto, tales datos deberían transmitirse con una amplia cobertura para llegar a todos los dispositivos inalámbricos. Algunas formas de abordar este problema se resumirán a continuación. Sin embargo, como también se ha señalado, cada una de estas formas tiene sus inconvenientes.

40

De acuerdo con un primer enfoque, se puede usar una antena de haz ancho separada para la transmisión de datos de difusión. Un inconveniente de este enfoque es que requiere hardware adicional.

De acuerdo con un segundo enfoque, los datos de difusión se transmiten usando un único elemento de conjunto de antenas, o subconjunto, de la antena. Este elemento de conjunto o subconjunto tendrá un haz más amplio que el conjunto completo de la antena. Un inconveniente de este enfoque es que solo se utilizan uno o pocos amplificadores de potencia (PA) en el conjunto de antenas, lo que desperdicia recursos energéticos. De acuerdo con un tercer enfoque, la reducción gradual de amplitud y/o fase se usa en todo el conjunto de antenas para reducir gradualmente el haz. Los inconvenientes con tal reducción gradual son que la disminución progresiva de la amplitud da una utilización deficiente del recurso PA y que en muchos casos no es posible sintetizar la forma de haz deseada usando la reducción gradual de fase solamente.

45

50

De acuerdo con un cuarto enfoque, los datos de difusión se transmiten secuencialmente en diferentes direcciones usando haces estrechos. Un inconveniente potencial de este enfoque es que esto lleva más tiempo y consume más elementos de recursos que transmitir datos de difusión simultáneamente en todas las direcciones con un haz amplio.

55

El documento WO 2011/050866 divulga un método para generar dos haces, que tiene polarizaciones ortogonales, que comprende múltiples elementos de conjunto polarizado dual. Cada elemento de conjunto polarizado dual tiene un primer centro de fase asociado con una primera polarización y un segundo centro de fase asociado con una segunda polarización. El método comprende: diseñar una primera matriz de ponderación que tiene un vector de ponderación distinto de cero para la primera polarización y un segundo vector distinto de cero para la segunda polarización, calcular una segunda matriz de ponderación basándose en los vectores de ponderación de la primera matriz de ponderación, y aplicar la primera y segunda matriz de ponderación a los elementos de conjunto polarizado dual para generar un segundo haz. Otros escenarios en los que se puede desear usar haces anchos con un conjunto de antenas con muchos elementos son las comunicaciones de ondas milimétricas (mmW), que es una tecnología de acceso que se prevé sea parte del acceso de radio 5G. Debido a la mayor pérdida de propagación a frecuencias tan altas, puede ser necesario formar haces de alta ganancia para mantener el balance de enlace, posiblemente tanto en el receptor como en el transmisor. La formación de haces puede ser necesaria ya que las

60

65

rutas de propagación dominantes entre un transmisor y un receptor típicamente no se conocen a priori. Probar todas las combinaciones de un gran número de haces estrechos de transmisión y recepción para encontrar el mejor par de haces puede consumir una cantidad prohibitiva de recursos de tiempo/frecuencia. Una forma de resolver este problema puede ser que la estación base de radio inicie el procedimiento de búsqueda con haces anchos y luego haga los haces cada vez más estrechos hasta que se encuentre el mejor par de haces estrechos. Tal procedimiento de búsqueda de haz generalmente requiere medios para generar haces con diferentes anchos de haz de una manera flexible. Para utilizar completamente el conjunto de antenas y el recurso PA disponible, se puede desear usar todos los elementos de antena y todos los PA a máxima potencia cuando se transmitan haces con diferentes anchos de haz.

Por lo tanto, existe la necesidad de una formación de haces mejorada.

### Sumario

Un objetivo de las realizaciones en el presente documento es proporcionar una formación de haces eficiente.

De acuerdo con un primer aspecto, se presenta un método para la formación de haces usando un conjunto de antenas que comprende elementos polarizados duales. El método comprende generar uno o dos puertos de haz, en el que los uno o dos puertos de haces se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos. Cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto, los dos puertos de subconjunto tienen patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal. Al menos estos dos subconjuntos no superpuestos se combinan a través de ponderaciones de expansión. Las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haces a puertos de subconjunto de modo que los uno o dos puertos de haces tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos. Al menos algunas de las ponderaciones de expansión tienen una magnitud idéntica distinta de cero y están relacionadas en fase para formar un lóbulo de transmisión. El método comprende transmitir señales usando dichos uno o dos puertos de haz.

Ventajosamente, esto proporciona una formación de haces eficiente.

Ventajosamente, esto proporciona una arquitectura y método de antena para crear uno o dos puertos de haz con un ancho de haz ajustable.

Los uno o dos puertos de haces tienen patrones de radiación de potencia idénticos y polarizaciones ortogonales en cualquier dirección.

El ancho del haz para los uno o dos puertos de haces puede ser muy amplio en comparación con el tamaño del conjunto, incluso tan ancho como para un solo elemento.

Todos los amplificadores de potencia del conjunto de antenas se pueden utilizar completamente, es decir, con solo el reductor gradual de fase aplicado, ya sea por cada puerto de haz o por dos puertos de haz juntos.

La arquitectura de la antena puede basarse tanto en conjuntos de antenas lineales (1-D) como planos (2-D).

De acuerdo con un segundo aspecto, se presenta una disposición de antena que comprende un conjunto de antenas. El conjunto de antenas comprende elementos polarizados duales para la formación de haces. El conjunto de antenas comprende además una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento está configurada para hacer que el conjunto de antenas genere uno o dos puertos de haz, en el que los puertos de haz se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos. Cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto, los dos puertos de subconjunto tienen patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal. Al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos se combinan a través de ponderaciones de expansión. Las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haces a los puertos de subconjunto de modo que los uno o dos puertos de haces tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos. Al menos algunas de las ponderaciones de expansión tienen una magnitud idéntica distinta de cero y están relacionados en fase para formar un lóbulo de transmisión. La unidad de procesamiento está configurada para hacer que el conjunto de antenas transmita señales usando los uno o dos puertos de haz.

También se presenta un nodo de red que comprende una disposición de antena de acuerdo con el segundo aspecto.

También se presenta un dispositivo inalámbrico que comprende una disposición de antena de acuerdo con el segundo aspecto.

De acuerdo con un tercer aspecto, se presenta un programa informático para la formación de haces usando un conjunto de antenas que comprende elementos polarizados duales, comprendiendo el programa informático un código de programa informático que, cuando se ejecuta en una unidad de procesamiento de a, hace que el conjunto de antenas realice un método de acuerdo con el primer aspecto.

De acuerdo con un cuarto aspecto, se presenta un producto de programa informático que comprende un programa informático de acuerdo con el tercer aspecto y un medio legible por ordenador en el que se almacena el programa informático.

5 Cabe señalar que cualquier característica del primer, segundo, tercer y cuarto aspecto puede aplicarse a cualquier otro aspecto, según corresponda. Del mismo modo, cualquier ventaja del primer aspecto puede aplicarse igualmente al segundo, tercer y/o cuarto aspecto, respectivamente, y viceversa. Otros objetivos, características y ventajas de las realizaciones incluidas serán evidentes a partir de la siguiente divulgación detallada, de las reivindicaciones dependientes adjuntas así como a partir de los dibujos.

10 En general, todos los términos usados en las reivindicaciones deben interpretarse de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente de otra manera en el presente documento. Todas las referencias a "un/el elemento, aparato, componente, medio, paso, etc." deben interpretarse abiertamente como referencias a al menos un ejemplo del elemento, aparato, componente, medio, paso, etc., a menos que se  
15 indique explícitamente lo contrario. Los pasos de cualquier método divulgado en el presente documento no tienen que realizarse en el orden divulgado exacto, a menos que se indique explícitamente.

### Breve descripción de los dibujos

20 El concepto de la invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1, 2, 3 y 5 son diagramas esquemáticos que ilustran diferentes aspectos de los conjuntos de antenas de acuerdo con las realizaciones;

25 la figura 4 ilustra esquemáticamente ejemplos de subconjuntos;

la figura 6 ilustra esquemáticamente ejemplos de expansión de puertos;

la figura 7 ilustra esquemáticamente la expansión recursiva de puertos;

30 la figura 8 ilustra esquemáticamente mapeos de puertos;

la figura 9 es un diagrama de bloques que muestra unidades funcionales de una disposición de antena de acuerdo con una realización;

35 la figura 10 es un diagrama de bloques que muestra los módulos funcionales de una disposición de antena de acuerdo con una realización;

40 la figura 11 ilustra esquemáticamente un nodo de red que comprende una disposición de antena de acuerdo con las realizaciones;

la figura 12 ilustra esquemáticamente un dispositivo inalámbrico que comprende una disposición de antena de acuerdo con las realizaciones;

45 la figura 13 ilustra esquemáticamente un producto de programa informático de acuerdo con una realización;

la figura 14 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización;

50 la figura 15 muestra los resultados de la simulación de un ejemplo de un lóbulo de transmisión para un primer puerto de haz de acuerdo con una realización;

la figura 16 muestra los resultados de la simulación de un ejemplo de un lóbulo de transmisión para un segundo puerto de haz de acuerdo con una realización;

55 la figura 17 muestra los resultados de la simulación para la formación de haces de acuerdo con el estado de la técnica usando un reductor gradual de amplitud puro por polarización;

la figura 18 muestra los resultados de la simulación para la formación de haces de acuerdo con el estado de la técnica usando un reductor gradual de fase puro por polarización; y

60 la figura 19 muestra los resultados de la simulación para la formación de haces de acuerdo con una realización.

### Descripción detallada

65 El concepto de la invención se describirá ahora más completamente más adelante con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran ciertas realizaciones del concepto de la invención. Sin embargo, este concepto de

la invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitado a las realizaciones expuestas en el presente documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo, de modo que esta divulgación será minuciosa y completa, y transmitirá completamente el alcance del concepto de la invención a los expertos en la técnica. Los números similares se refieren a elementos similares en toda la descripción. Cualquier paso o característica ilustrada por líneas discontinuas debe considerarse como opcional.

Se han propuesto diferentes formas de generar haces anchos a partir de un gran conjunto polarizado dual. Un ejemplo es aplicar una red de formación de haces, por ejemplo una matriz Butler, a cada dirección de polarización del conjunto de antenas y luego transmitir una señal mediante haces con polarización alterna para evitar la adición coherente no deseada de señales transmitidas a través de haces adyacentes con la misma polarización. El patrón de haz resultante típicamente ondula significativamente, digamos, un par de dB. La figura 17 muestra un ejemplo de patrón de haz ancho formado por medio de la formación de haces polarizada única (SPBF) convencional, donde se aplica una ponderación por polarización para conformar el patrón de haz deseado, de nuevo por polarización, y con muchos elementos de ponderación que tienen una amplitud puesta a cero, lo que da como resultado una utilización deficiente del recurso de potencia. Esto puede considerarse como un caso extremo de reductor gradual de amplitud. Otro ejemplo consiste en aplicar la reducción gradual de amplitud, que también puede considerarse que proporciona resultados satisfactorios en términos de generar una forma de haz deseada, pero no en términos de utilización de recursos de potencia para transmisión. El uso de la reducción gradual progresiva de fase en muchos casos da como resultado un patrón que no cumple con las propiedades deseadas sino con una utilización satisfactoria del recurso de potencia. El rango de anchos de haz obtenibles también es a menudo limitado. La figura 18 muestra un ejemplo de patrón de haz ancho formado por medio de formación de haces convencional (SPBF), pero restringido a reductor gradual de fase solo para una buena utilización deficiente de recursos de potencia. El resultado es un patrón de haz que muestra una ondulación no deseada.

El conjunto y el método de antenas propuestos en el presente documento ofrecen patrones de haz con las formas de haz deseadas, así como una excelente utilización de potencia. Las realizaciones divulgadas en el presente documento se refieren particularmente a la formación de haces eficiente. Para obtener una formación de haces eficiente aquí se proporciona un conjunto de antenas, un método realizado por el conjunto de antenas, un programa informático que comprende código, por ejemplo en forma de un producto de programa informático, que cuando se ejecuta en una unidad de procesamiento hace que el conjunto de antenas realice el método.

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una arquitectura de ejemplo de un conjunto 1 de antenas bidimensional para el que se pueden aplicar realizaciones presentadas en el presente documento. Sin embargo, las realizaciones presentadas en el presente documento son igualmente aplicables a conjuntos de antena unidimensionales. El conjunto 1 de antenas puede ser un conjunto lineal (1-D), un conjunto lineal uniforme (ULA) o un conjunto plano (2-D), un conjunto rectangular uniforme (URA).

El extremo delantero de la antena comprende un conjunto 1e de elementos de antena en el que cada elemento de antena puede ser un subconjunto de varios elementos de antena de radiación conectados a través de redes de alimentación a dos puertos de subconjunto que tienen polarización ortogonal. Cada puerto de subconjunto está conectado a una cadena de radio así como comprendido en una identificación de conjunto de radio. El número de puertos de subconjunto en el bloque 1b accesible al procesamiento de señal de banda base puede reducirse a través de un bloque 1c de reducción de puerto que crea nuevos puertos de antena que son combinaciones (lineales) de los puertos de antena de entrada. El acceso se realiza a los puertos de subconjunto en la banda base tanto si los datos dedicados como los transmitidos han de ser transmitidos al mismo tiempo. Además, en términos generales, puede ser necesario el acceso a todos los puertos de subconjunto para formar haces anchos de acuerdo con los mecanismos divulgados en el presente documento para la formación de haces. En el bloque 1a de procesamiento de señal de banda base, los puertos de antena virtuales pueden crearse mediante multiplicaciones de matrices. Estos puertos de antena virtuales pueden ser de diferente tipo. Por ejemplo, en LTE, para una estación base de radio pueden transportar señales de referencia comunes (CRS) en los puertos 0-3, señales de referencia de información de estado de canal (CSI-RS) en el puerto 15-22 y señales de referencia y datos específicos de UE en puertos 7-14. En algunas implementaciones, se pueden eliminar uno o más bloques del conjunto 1 de antenas bidimensional en la figura 1.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una posible implementación del conjunto 1 de antenas bidimensional de la figura 1. Comprende un formador de haces que comprende los bloques 1a, 1b, 1c de la figura 1, una identificación del conjunto de radio y un conjunto 1e de antenas físico. En el ejemplo de la figura 2, hay dos puertos de antena por subconjunto. El formador 1a-c de haces está configurado para recibir datos de usuario y datos de control, ponderaciones de formación de haces para los datos de usuario, ponderaciones de formación de haces para señales de referencia, como CSI-RS y ponderaciones de formación de haces para la transmisión de haces anchos. Cada elemento de antena comprende dos subelementos 31, 32 que tienen polarizaciones ortogonales en todas las direcciones (de interés). Típicamente, estos dos subelementos 31, 32 están ubicados en la misma posición, como en la figura 3 (a), pero también pueden desplazarse entre sí, como en la figura 3 (b).

El conjunto 1 de antenas está configurado para generar uno o dos puertos de haz, en el que los puertos de haz se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos. Como entiende el experto en la técnica, el

conjunto 1 de antenas puede estar configurada para generar puertos adicionales definidos para varias transmisiones. Cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto, los dos puertos de subconjunto tienen patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal. Al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos se combinan mediante ponderaciones de expansión. Las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haces a los puertos de subconjunto de modo que los uno o dos puertos de haces tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos. Al menos algunas de las ponderaciones de expansión tienen una magnitud idéntica distinta de cero y están relacionadas en fase para formar un lóbulo de transmisión. El conjunto 1 de antenas está configurado para transmitir señales usando uno o dos puertos de haz. Como entiende el experto en la técnica, el conjunto 1 de antenas puede configurarse para transmitir señales adicionales usando los mismos o más puertos de haz.

Ahora se divulgarán realizaciones que se refieren a más detalles de la formación de haces usando un conjunto 1 de antenas.

En términos generales, las ponderaciones de expansión describen cómo se pueden mapear uno o dos puertos de haz, formados a través de un único grupo de subconjuntos, en múltiples grupos de subconjuntos. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, las ponderaciones de expansión mapean uno o dos puertos de haz a puertos de subconjunto de modo que uno o dos puertos de haz tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos, y en el caso que haya dos puertos de haz, los dos puertos de haz tienen polarizaciones mutuamente ortogonales en cualquier dirección.

Puede haber diferentes maneras de determinar al menos los dos subconjuntos no superpuestos y de combinar al menos los dos subconjuntos no superpuestos a través de las ponderaciones de expansión. Ahora se describirán a su vez diferentes realizaciones relacionadas con las mismas.

En términos generales, generar los uno o dos puertos de haz que produzcan ambos anchos de haz deseados y que usen el conjunto de antenas completo para una buena utilización de los recursos de potencia puede implicar la determinación de mapeos de puertos de subconjunto para uno o dos puertos de haz y expandir mapeos de subconjunto a toda el conjunto de antenas.

Para el mapeo del puerto de subconjunto, se determina un subconjunto de modo que se logre el ancho de haz deseado, o posiblemente la forma de haz, con la mejor utilización de potencia posible. La utilización de potencia después de la expansión de los subconjuntos será la misma que para el subconjunto. La figura 4 en (a), (b), (c) y (d) ilustra esquemáticamente cuatro ejemplos de conjuntos de antenas, que comprenden cada uno dos subconjuntos 41, 42, y cada uno de los conjuntos 1e de antenas comprende dos puertos 43, 44 de haz, respectivamente.

Para expandir los mapeos de subconjunto a todo el conjunto de antenas, las ponderaciones de expansión basadas en potencias de 2, 6 y 10 se usan de modo que la cantidad total de elementos de antena usados por un puerto de haz, por dimensión del conjunto de antenas, será

$$D_{\text{puerto}} \leq D_{\text{subconjunto}} 2^k 6^m 10^n, \quad k = 0,1,2, \dots \quad m = 0,1,2, \dots \quad n = 0,1,2, \dots,$$

donde  $D_{\text{subconjunto}}$  es el número de elementos usados en el subconjunto para la dimensión de conjunto de antenas de interés. Si solo se desea un puerto de haz único, también son posibles factores de 3 o 5. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, en el caso de que haya dos puertos de haz, y en el que las ponderaciones de expansión mapeen los dos puertos de haz a productos de potencias de 2, 6 o 10 subconjuntos por dimensión. La expresión por dimensión puede ser, por ejemplo, dimensiones espaciales ortogonales en un plano. Y, de acuerdo con una realización, en el caso de que haya un puerto de haz, y en el que las ponderaciones de expansión mapeen los dos puertos de haz a potencias de 2, 6 o 10 veces 1, 3 o 5 subconjuntos. Es decir, para un único haz los mapeos de puertos pueden ser de acuerdo con potencias de 2, 6 y 10 veces bien 3 o 5. Para un conjunto bidimensional, el mapeo que incluye los factores de expansión 3 o 5 se puede hacer en una dimensión solamente.

Para un uso máximo del conjunto de antenas, el tamaño del subconjunto se puede determinar de modo que el tamaño del subconjunto, incluidas las posibles expansiones, cubra todo el conjunto. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos juntos cubren todos los elementos del conjunto de antenas.

Todos los elementos de antena en el mapeo de puertos pueden tener la misma amplitud; la expansión en sí brinda una utilización total de la potencia, pero el subconjunto puede no alcanzar eso. Una razón para usar todos los elementos de antena en el conjunto de antenas, así como para el mapeo de puertos de subconjunto y, por lo tanto, el mapeo de puertos de haz para tener una amplitud uniforme, es usar de manera eficiente el recurso de potencia disponible. Esto se aplica específicamente a un conjunto de antenas activo con amplificadores de potencia distribuidos, pero también se aplica a un conjunto de antenas con una red de distribución de potencia que comprende cambiadores de fase, posiblemente también atenuadores como en la figura 5(a) y 5(b). Esto es especialmente adecuado para la formación de haces realizada solo mediante cambiadores de fase. El número de

subconjuntos a usar viene dado por la combinación de potencias de 2, 6 y 10, potencialmente multiplicadas por 3 o 5 en el caso del puerto de haz único.

5 Las ponderaciones de expansión describen así cómo se pueden mapear uno o dos puertos de haz, con la forma de haz dada por un solo subconjunto, en múltiples subconjuntos. La figura 6 en (a), (b) y (c) ilustra esquemáticamente tres ejemplos de diferentes pares de ponderaciones de expansión que expanden el tamaño del conjunto de antenas por un factor de 2, 6 o 10, respectivamente.

10 Se divulgarán ahora otras realizaciones relacionadas con cómo se pueden determinar las ponderaciones de expansión.

15 Las ponderaciones de expansión dentro de un par pueden estar relacionadas de modo que los dos puertos de haz tengan polarización ortogonal. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, en el caso de que haya dos puertos de haz, y en el que las ponderaciones de expansión se definan para mantener la polarización de los dos puertos de haz mutuamente ortogonales.

De acuerdo con una realización, las ponderaciones de expansión para un puerto a con una primera polarización se determinan como:

$$ea_2 = \begin{bmatrix} e^{i\frac{\pi}{4}}[1 & -1] \\ Z_{12} \end{bmatrix},$$

$$ea_6 = \begin{bmatrix} e^{i\frac{\pi}{4}} \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \\ Z_{32} \end{bmatrix},$$

$$ea_{10} = \begin{bmatrix} e^{i\frac{\pi}{4}} \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ -1 & 3 \\ 0 & 0 \\ 3 & -1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} \\ Z_{52} \end{bmatrix},$$

20 donde  $ea_m$  indica las ponderaciones de expansión para mapear dicho puerto a múltiplos de m subconjuntos (o combinaciones de subconjuntos a través de expansiones como se divulga en el presente documento), y donde  $Z_{rc}$  es matriz todo cero que tiene r filas y c columnas.

25 Las ponderaciones de expansión para un puerto b con una segunda polarización, ortogonal a la primera polarización, se pueden determinar como:

$$eb_m = \text{flipud}([ea_m(:, 2) - ea_m(:, 1)]^*),$$

30 donde  $ea_m(:, c)$  indica la columna c de  $ea_m$ , donde \* indica conjugado complejo, y donde flipud(x) invierte el orden de fila de x. Es decir, las anotaciones a y b indican dos polarizaciones ortogonales para un puerto de subconjunto, combinación de puertos de subconjunto o un puerto de haz. No se refiere a la polarización específica para los diferentes puertos.

35 Como entiende el experto en la técnica, estas matrices de expansión son solo ejemplos. Otros ejemplos válidos de matrices de expansión se pueden obtener, por ejemplo, aplicando un desplazamiento de fase a las matrices mostradas.

40 Los factores de expansión pueden concatenarse para realizar la expansión en más de un paso. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, los subconjuntos se expanden más mediante ponderaciones de expansión adicionales antes de definir uno o dos puertos de haz. El orden en que se aplican las expansiones basadas en 2, 6 y 10 es arbitrario, mientras que la expansión con 3 o 5 debe ser la última aplicada, ya que da como resultado solo un único puerto de haz. Estos se pueden encontrar a partir de  $ea_6$  y  $ea_{10}$  como se definió anteriormente eliminando la parte inferior, cero (es decir,  $Z_{32}$  y  $Z_{52}$ , respectivamente) y sin definir ningún mapeo eb. La figura 7 ilustra un ejemplo

45 ilustrativo de cómo las expansiones pueden usarse recursivamente para alcanzar el tamaño deseado del vector de

ponderación final. Como se muestra en la figura 7, los factores de expansión pueden concatenarse con diferentes factores de expansión; un primer factor 6 de expansión (expansión x6) va seguido de un segundo factor 2 de expansión (expansión x2).

5 Un ejemplo de utilización de potencia después de la expansión se muestra en la figura 8 para dos puertos de  
 10 antenna. Como puede verse en la parte superior de la figura 8, la mitad de los elementos de antenna de una primera polarización están conectados al puerto 1 (o) y la otra mitad al puerto 2 (\*). El comportamiento similar se aplica, como se muestra en la parte inferior de la figura 8, también para la segunda polarización. Esto significa que los dos puertos de antenna, en el caso de una antenna activa con amplificadores de potencia distribuidos, pueden no compartir los mismos amplificadores de potencia. La magnitud de variación en la figura 8 proviene de la definición de subconjunto usada en este caso donde las amplitudes no iguales, con fines ilustrativos, se seleccionaron con el fin de mostrar cómo se repiten las variaciones de amplitud de subconjunto a través del conjunto.

15 En algunos casos, puede ser beneficioso si ambos puertos de haz comparten los mismos amplificadores de potencia, mientras que en otros casos, por ejemplo, si se deben aplicar señales correlacionadas a los dos puertos de antenna, esto puede no ser deseable. Una razón es que las señales correlacionadas en combinación con los amplificadores de potencia compartidos pueden conducir a una carga no uniforme de los amplificadores de potencia.

20 En el caso de que los puertos de antenna compartan amplificadores de potencia, o en el caso de que se use solo un único puerto de antenna, esto se puede lograr, por ejemplo, agregando las dos ponderaciones de expansión, cada una definiendo un puerto de haz, entre sí, elemento por elemento. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, las ponderaciones de expansión de al menos dichos dos subconjuntos se agregan para generar uno de los uno o dos puertos de haces. En caso de que se utilice una expansión de 3 o 5, el resultado es un puerto de haz único mapeado a todos los puertos de subconjuntos, es decir, haciendo uso de todos los recursos de potencia. Como la expansión de un subconjunto no cambia el patrón de potencia, el factor de conjunto (que está dado por el vector/matriz de expansión total) puede ser espacialmente blanco para permitir que los dos puertos de haz tengan patrones de potencia idénticos a los puertos del subconjunto. De acuerdo con una realización, las ponderaciones de expansión se determinan de modo que todos los elementos en una matriz definida por la suma de la magnitud al cuadrado de la transformada de Fourier discreta bidimensional de una primera matriz de ponderación de expansión aplicada a un primer puerto de subconjunto y la magnitud al cuadrado de la transformada de Fourier discreta bidimensional de una segunda matriz de ponderación de expansión aplicada a un segundo puerto de subconjunto tienen el mismo valor. Es decir, las ponderaciones de expansión se pueden determinar de modo que:

$$|DFT(ea)|^2 + |DFT(eb)|^2 = k \cdot J_{rc},$$

35 donde DFT (ea) y DFT (eb) indican las transformadas de Fourier discretas de ea y eb, respectivamente, donde ea y eb son las matrices de expansión total aplicadas a los puertos de subconjunto a y b, respectivamente, donde a es el primero de los puertos de subconjunto, donde b es un segundo de los puertos de subconjunto, donde k es una constante, y donde  $J_{rc}$  es una matriz todo en uno que tiene r filas y c columnas. En el caso de un conjunto de antenas bidimensional, las ponderaciones de expansión se recogen en una matriz. Para un conjunto de antenas unidimensional, esta matriz colapsa en un vector (que podría verse como un caso especial de una matriz que tiene solo una fila o una columna).

45 A continuación, se proporcionarán más detalles sobre cómo generar ponderaciones de expansión para un conjunto rectangular uniforme. El punto de partida son vectores de ponderación de expansión por dimensión como se generó anteriormente. Estos vectores de ponderación de expansión se combinan en dos matrices, una por puerto de haz.

Primero se determinan los vectores de ponderación de expansión para un puerto de haz a lo largo de una primera dimensión (aquí dimensión y) con recursos no compartidos. En caso de que la expansión con los factores 3 o 5 se use para una de las dimensiones (lo que da como resultado un único puerto de haz que usa todos los recursos), esta dimensión se selecciona como la dimensión y aquí. El vector completo para un primer puerto de haz (es decir, el puerto 1 de haz), que comprende todos los elementos (es decir, ambas polarizaciones a y b) puede describirse como

$$w_{1y} = \begin{bmatrix} w_{1ya} \\ w_{1yb} \end{bmatrix}$$

55 donde los vectores de columnas  $w_{1ya}$  y  $w_{1yb}$  indican que contienen las ponderaciones de expansión para el puerto 1 de haz se aplicaron a los elementos con polarización a y b respectivamente a lo largo de la dimensión y, y así sucesivamente. En segundo lugar, los vectores de ponderación de expansión para dos puertos de haz a lo largo de una segunda dimensión (aquí dimensión z) con recursos no compartidos se determinan para un primer puerto a través de expansiones consecutivas de la siguiente manera

$$w_{1z} = \begin{bmatrix} w_{1za} \\ w_{1zb} \end{bmatrix}$$

y

$$w_{2z} = \begin{bmatrix} w_{2za} \\ w_{2zb} \end{bmatrix}$$

5

donde  $w_{2za}$  y  $w_{2zb}$  indican los vectores de columna que contienen las ponderaciones de expansión para el segundo puerto de haz (es decir, puerto 2 de haz) aplicados a elementos con polarización a y b respectivamente a lo largo de la dimensión z.

10

Los dos vectores  $w_{1z}$  and  $w_{2z}$  están relacionados para producir polarizaciones ortogonales y los mismos patrones de potencia. La relación se da de acuerdo con

$$w_{2z} = \begin{bmatrix} F w_{1zb}^* \\ -F w_{1za}^* \end{bmatrix}.$$

15

La notación "\*" aquí indica el conjugado complejo (y no el traspuesto conjugado hermitiano).

Aquí, F es una matriz que invierte el orden del elemento (fila) en el vector; eso es una matriz con unos en la anti-diagonal y ceros en otra parte.

20

$$F = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Estos vectores se combinan para formar una matriz, uno por polarización, que comprende todos los elementos en el conjunto rectangular uniforme (URA) de acuerdo con

25

$$w_{1a} = w_{1za} w_{1ya}^T + \beta w_{2za} w_{1yb}^T$$

y

$$w_{1b} = w_{1zb} w_{1ya}^T + \beta w_{2zb} w_{1yb}^T.$$

30

El factor  $\beta$  de ajuste de fase se usa para asegurar la plena utilización de la potencia. El valor real depende de cómo se definan las ponderaciones de expansión por dimensión. Siguiendo el procedimiento descrito en el presente documento, el ajuste de fase en la mayoría de los casos es igual a 1.

35

Finalmente, las matrices de ponderación de expansión para el segundo puerto se encuentran como

$$w_{2a} = F_z w_{1b}^* F_y$$

40 y

$$w_{2b} = -F_z w_{1a}^* F_y$$

donde  $F_z$  y  $F_y$  son matrices con unos en la anti-diagonal y ceros en otra parte. En caso de que los factores de expansión 3 y 5 no se utilicen, los resultados en esta etapa son matrices de ponderación de expansión que definen dos puertos de haz con patrones de potencia idénticos, polarización ortogonal, recursos no compartidos (amplificadores de potencia) y, para los dos puertos de haz juntos, utilización de potencia total.

45

Si se desean recursos compartidos, esto se obtiene mediante el siguiente procedimiento. Primero, las matrices para los dos puertos se agregan de la siguiente manera:

$$W_{1a\_shared} = W_{1a} + W_{2a}$$

5  
y

$$W_{1b\_shared} = W_{1b} + W_{2b}$$

10 Entonces las matrices para el segundo puerto se forman realizando las siguientes operaciones:

$$W_{2a\_shared} = F_z W_{1b\_shared}^* F_y$$

$$W_{2b\_shared} = -F_z W_{1a\_shared}^* F_y$$

15 En caso de que se utilicen los factores de expansión 3 o 5, los resultados son, en cambio, una matriz de expansión que define un puerto de haz con un patrón de potencia como el dado por el subconjunto. La matriz de expansión conecta el puerto de haz a todos los recursos de potencia de modo que se utilicen todos los recursos de potencia. En caso de que se genere un segundo puerto de haz, como se describe arriba sin agregar ponderaciones de expansión ya que el primer puerto de haz ya usa todos los recursos, se encuentra un segundo puerto de haz con el patrón de potencia deseado y recursos de intercambio de polarización ortogonal con el primer puerto de haz.

20 La figura 9 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de unidades funcionales, los componentes de una disposición 100 de antena de acuerdo con una realización. Se proporciona una unidad 21 de procesamiento usando cualquier combinación de una o más de una unidad central de procesamiento (CPU), multiprocesador, microcontrolador, procesador de señal digital (DSP), circuito integrado de aplicación específica (ASIC), matriz de puertas programables (FPGA), etc., capaz de ejecutar instrucciones de software almacenadas en un producto 130 de programa informático (como en la figura 13), por ejemplo en forma de un medio 103 de almacenamiento. Por lo tanto, la unidad 101 de procesamiento está dispuesta de ese modo para ejecutar métodos como los descritos en el presente documento. Por ejemplo, la unidad 101 de procesamiento está configurada para generar cualquier subconjunto, tal como en la figura 4, y mapeos a puertos de haz, como en las figuras 6 y 7, como se ha divulgado en el presente documento.

35 El medio 103 de almacenamiento también puede comprender un almacenamiento persistente, que, por ejemplo, puede ser uno cualquiera o una combinación de memoria magnética, memoria óptica, memoria en estado sólido o incluso memoria montada remotamente. La disposición 100 de antena puede comprender además una interfaz 22 de comunicaciones para transmitir y recibir señales. Como tal, la interfaz 22 de comunicaciones puede comprender una red de antenas como en cualquiera de las figuras 1, 2, 3 y 5.

40 La unidad 21 de procesamiento controla el funcionamiento general de la disposición 100 de antena, por ejemplo, enviando datos y señales de control a la interfaz 102 de comunicaciones y al medio 103 de almacenamiento, al recibir datos e informes desde la interfaz 102 de comunicaciones, y al recuperar datos e instrucciones del medio 103 de almacenamiento. Se omiten otros componentes, así como la funcionalidad relacionada, de la disposición 100 de antena a fin de no oscurecer los conceptos presentados en el presente documento.

45 La figura 10 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de módulos funcionales, los componentes de una disposición 100 de antena de acuerdo con una disposición. La disposición 100 de antena de la figura 10 comprende una serie de módulos funcionales; un módulo de generación configurado para realizar por debajo del paso S102, y un módulo 101b de transmisión/recepción configurado para llevar a cabo el siguiente paso S104. La disposición 100 de antena de la figura 10 puede comprender además un número de módulos funcionales opcionales. La funcionalidad de cada módulo funcional 101a-101b es evidente a partir del contexto en el que se pueden usar los módulos funcionales 101a-101b. En términos generales, cada módulo funcional 101a-101b puede implementarse en hardware o en software. Preferiblemente, uno o más o todos los módulos funcionales 101a-101b pueden ser implementados por la unidad 101 de procesamiento, posiblemente en cooperación con las unidades funcionales 102 y/o 103. La unidad 101 de procesamiento puede así disponerse para desde el medio 103 de almacenamiento seguir instrucciones de búsqueda proporcionadas por un módulo funcional 101a-101b y ejecutar estas instrucciones, realizando de ese modo cualquier paso que se divulgará a continuación.

55 El conjunto 1 de antena y/o la disposición 100 de antena pueden proporcionarse como circuitos integrados, como dispositivos independientes o como parte de un dispositivo adicional. Por ejemplo, el conjunto 1 de antena y/o la disposición 100 de antenas pueden proporcionarse en un dispositivo transceptor de radio, tal como en un nodo 110

de red o un dispositivo inalámbrico 120. La figura 11 ilustra un nodo 110 de red que comprende al menos un conjunto 1 de antena y/o disposición 100 de antena como se divulga en el presente documento. El nodo 110 de red puede ser una BTS, un Nodo B, un eNB, un repetidor, un nodo de red de retorno o similar. La figura 12 ilustra un dispositivo inalámbrico 120 que comprende al menos un conjunto 1 de antena y/o disposición 100 de antena como se divulga en el presente documento. El dispositivo inalámbrico 120 puede ser un equipo de usuario (UE), un teléfono móvil, una tableta, un ordenador portátil, etc., o similar.

El conjunto 1 de antena y/o la disposición 100 de antena puede proporcionarse como una parte integral del dispositivo adicional. Es decir, los componentes del conjunto 1 de antena y/o la disposición 100 de antena pueden integrarse con otros componentes del dispositivo adicional; algunos componentes del dispositivo adicional y el conjunto 1 de antena y/o la disposición 100 de antena pueden compartirse. Por ejemplo, si el dispositivo adicional como tal comprende una unidad de procesamiento, esta unidad de procesamiento puede configurarse para realizar las acciones de la unidad 31 de procesamiento asociada con la disposición 100 de antena. Alternativamente, el conjunto 1 de antena y/o la disposición 100 de antena pueden proporcionarse como unidades separadas en el dispositivo adicional.

La figura 13 muestra un ejemplo de un producto 130 de programa informático que comprende medios legibles por ordenador 132. En este medio legible por ordenador 132, puede almacenarse un programa informático 131, dicho programa informático 131 puede hacer que el procesamiento 101 21 y los dispositivos y entidades acoplados operativamente, tales como la interfaz 102 de comunicaciones y el medio 103 de almacenamiento, ejecuten métodos de acuerdo con realizaciones descritas en el presente documento. El programa informático 131 y/o el producto 130 de programa informático pueden proporcionar así medios para realizar cualquier paso divulgado en el presente documento.

En el ejemplo de la figura 13, el producto 130 de programa informático se ilustra como un disco óptico, tal como un CD (disco compacto) o un DVD (disco versátil digital) o un disco Blu-Ray. El producto 130 de programa informático también podría incorporarse como una memoria, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable borrable (EPROM) o una lectura programable borrable eléctricamente. Única memoria (EEPROM) y más particularmente como un medio de almacenamiento no volátil de un dispositivo en una memoria externa tal como una memoria USB (bus universal en serie) o una memoria Flash, como una memoria Flash compacta. De este modo, aunque el programa informático 131 se muestra esquemáticamente aquí como una pista en el disco óptico representado, el programa informático 131 puede almacenarse de cualquier manera que sea adecuada para el producto 130 de programa informático.

Ahora se hace referencia a la figura 14 que ilustra un método para la formación de haces usando un conjunto 1 de antena de acuerdo con una realización. El conjunto 1 de antenas comprende elementos polarizados duales. El método se realiza mediante una disposición 100 de antena que comprende el conjunto 1 de antenas. El método es proporcionado ventajosamente como un programa informático 32.

La disposición 100 de antena está configurada, en un paso S102, para generar uno o dos puertos de haz. Los uno o dos puertos de haces se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos. Cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto. Los dos puertos de subconjuntos tienen, para cada subconjunto, patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal. Al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos se combinan a través de ponderaciones de expansión. Las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haces a puertos de subconjuntos de modo que los uno o dos puertos de haces tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos. Al menos algunas de las ponderaciones de expansión tienen una magnitud idéntica distinta de cero y están relacionadas en fase para formar un lóbulo de transmisión. La disposición 100 de antena está configurada para, en un paso S104, transmitir señales usando los uno o dos puertos de haz.

La figura 15 muestra un ejemplo de un lóbulo de transmisión (patrón de haz) de un primer puerto de haz (puerto 1 de haz) con ancho de haz de media potencia acimutal (HPBW) =  $50^\circ$  y HPBW de elevación =  $25^\circ$ .

La figura 16 muestra un ejemplo de un lóbulo de transmisión (patrón de haz) de un segundo puerto de haz (puerto 2 de haz) con HPBW acimutal =  $50^\circ$  y HPBW de elevación =  $25^\circ$ , en el que la forma del lóbulo de transmisión del segundo puerto de haz es idéntica a la del primer puerto de haz (es decir, del lóbulo de transmisión en la figura 15). Los lóbulos de transmisión de las figuras 15 y 16 tienen, por lo tanto, patrones de potencia idénticos. Los lóbulos tienen (aunque no se ve en las figuras 15 y 16) polarización ortogonal en cualquier dirección.

La figura 17 muestra un ejemplo de un patrón de haz ancho creado por medio de formación de haces convencional (SPBF). Los elementos de ponderación correspondientes se proporcionan a la izquierda en la figura 17. Por lo tanto, muchos elementos de ponderación tienen una amplitud establecida en cero, lo que resulta en una utilización de recursos de potencia muy deficiente.

La figura 18 muestra un ejemplo de un patrón de haz ancho creado por medio de formación de haces convencional (SPBF) restringido a reductor gradual de fase solamente para una buena utilización de recursos de potencia. Los

elementos de ponderación correspondientes se proporcionan a la izquierda en la figura 18. Sin embargo, el patrón de haz resultante muestra una ondulación intensa.

5 La figura 19 muestra un ejemplo de un patrón de haz ancho formado de acuerdo con las realizaciones divulgadas en el presente documento. Los patrones de haz tienen la forma deseada, aquí HPBW = 50° y muy buena utilización de recursos de potencia. Los correspondientes elementos de ponderación se proporcionan a la izquierda en la figura 19.

10 El concepto de la invención se ha descrito principalmente anteriormente con referencia a algunas realizaciones. Sin embargo, como apreciará fácilmente un experto en la técnica, otras realizaciones además de las divulgadas anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance del concepto de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque se usa una terminología específica de LTE, las realizaciones descritas en el presente documento también pueden aplicarse a las redes de comunicaciones que no se basan en LTE, haciendo los cambios necesarios.

15

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método para la formación de haces usando un conjunto (1) de antenas que comprende elementos polarizados duales, que comprende:
- 5 generar (S102) uno o dos puertos de haz, los uno o dos puertos de haces se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos,
- 10 en el que cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto, los dos subconjuntos tienen patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal,
- en el que al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos se combinan a través de ponderaciones de expansión,
- 15 en el que las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haces a puertos de subconjuntos de modo que los uno o dos puertos de haces tienen el mismo patrón de potencia que los subconjuntos, y
- en el que al menos algunas de las ponderaciones de expansión tienen una magnitud no nula idéntica y están relacionados en fase para formar un lóbulo de transmisión;
- 20 en el que las ponderaciones de expansión se recogen en una matriz de expansión y se determinan de modo que la matriz de expansión sea espacialmente blanca; y
- transmitir (S104) señales usando dichos uno o dos puertos de haz.
- 25 2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haces a puertos de subconjunto de modo que los uno o dos puertos de haz tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos, y en el caso de que haya dos puertos de haz, los dos los puertos de haz tienen polarizaciones mutuamente ortogonales en cualquier dirección.
- 30 3.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el caso de que haya dos puertos de haz, y en el que las ponderaciones de expansión se definen para mantener la polarización de los dos puertos de haz mutuamente ortogonales.
- 4.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el caso de que haya dos puertos de haz, y en el que las ponderaciones de expansión mapean los dos puertos de haz a productos de potencias de 2, 6 o 10 subconjuntos por dimensión.
- 35 5.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el caso de que haya un puerto de haz, y en el que las ponderaciones de expansión mapean los dos puertos de haz a potencias de 2, 6 y/o 10 veces 1, 3 o 5 subconjuntos.
- 40 6.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los subconjuntos se expanden más mediante ponderaciones de expansión adicionales antes de definir los uno o dos puertos de haz.
- 7.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las ponderaciones de expansión se determinan de modo que todos los elementos en una matriz definida por la suma de la magnitud al cuadrado de la transformada de Fourier discreta bidimensional de una primera matriz de ponderación de expansión aplicada a un primer puerto de subconjunto y la magnitud al cuadrado de la transformada de Fourier discreta bidimensional de una segunda matriz de ponderación de expansión aplicada a un segundo puerto de subconjunto tienen el mismo valor.
- 45 8.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las ponderaciones de expansión se determinan de modo que:
- 50 
$$|DFT(ea)|^2 + |DFT(eb)|^2 = k \cdot J_{rc},$$
- 55 donde DFT (ea) y DFT (eb) indican las transformadas de Fourier discretas de ea y eb, respectivamente, donde ea y eb son las matrices de expansión total aplicadas a los puertos de subconjunto a y b, respectivamente, donde a es el primero de los puertos de subconjunto, donde b es el segundo de los puertos de subconjunto, donde k es una constante, y donde  $J_{rc}$  es una matriz todo en uno que tiene r filas y c columnas.
- 60 9.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos juntos cubren todos los elementos del conjunto de antenas.
- 10.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las ponderaciones de expansión de al menos dichos dos subconjuntos se añaden para generar uno de los uno o dos puertos de haces.
- 65

11.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las ponderaciones de expansión para un puerto a con una primera polarización se determinan como:

$$ea_2 = \begin{bmatrix} e^{i\frac{\pi}{4}}[1 & -1] \\ Z_{12} \end{bmatrix},$$

5

$$ea_6 = \begin{bmatrix} e^{i\frac{\pi}{4}} \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \\ Z_{32} \end{bmatrix},$$

$$ea_{10} = \begin{bmatrix} e^{i\frac{\pi}{4}} \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ -1 & 3 \\ 0 & 0 \\ 3 & -1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} \\ Z_{52} \end{bmatrix},$$

10 donde  $ea_m$  indica las ponderaciones de expansión para mapear un puerto de haz de los uno o dos puertos de haz a múltiplos de m subconjuntos, y donde  $Z_{rc}$  es una matriz totalmente cero que tiene r filas y c columnas.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que las ponderaciones de expansión para un puerto b con una segunda polarización, ortogonal a la primera polarización, se determinan como:

15

$$eb_m = \text{flipud}([ea_m(:, 2) - ea_m(:, 1)]^*),$$

donde  $ea_m(:, c)$  indica la columna c de  $ea_m$ , donde \* indica el conjugado complejo, y donde flipud(x) invierte el orden de fila de x.

20

13.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las señales comprenden al menos una de información de difusión e información del sistema.

25

14.- Una disposición (100) de antenas que comprende un conjunto (1) de antenas, el conjunto de antenas que comprende elementos polarizados duales para la formación de haces, el conjunto de antenas que comprende además una unidad (31) de procesamiento configurada para hacer que el conjunto (1) de antenas:

genere uno o dos puertos de haz, en la que los puertos de haz se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos,

30

en la que cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto, los dos puertos de subconjunto teniendo patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal,

35

en la que al menos dichos dos subconjuntos no superpuestos se combinan a través de ponderaciones de expansión,

en la que las ponderaciones de expansión mapean los uno o dos puertos de haz a puertos de subconjunto de modo que los uno o dos puertos de haces tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos, y

40

en la que al menos algunas de las ponderaciones de expansión tienen una magnitud distinta de cero y están relacionadas en fase para formar un lóbulo de transmisión; y

en la que las ponderaciones de expansión se recogen en una matriz de expansión y se determinan de modo que la matriz de expansión sea espacialmente blanca; y

45

transmitir señales usando dichos uno o dos puertos de haz.

15.- Un nodo (110) de red que comprende una disposición (100) de antena de acuerdo con la reivindicación 14.

50

16.- Un dispositivo inalámbrico (120) que comprende una disposición (100) de antena de acuerdo con la reivindicación 14.

17.- Un programa informático (131) para la formación de haces que usa un conjunto (1) de antenas que comprende elementos polarizados duales, comprendiendo el programa informático un código de programa informático que, cuando se ejecuta en una unidad (31) de procesamiento, hace que el conjunto (1) de antenas:

5 genere (S102) uno o dos puertos de haz, en el que los puertos de haz se definen combinando al menos dos subconjuntos no superpuestos,

en el que cada subconjunto tiene dos puertos de subconjunto, los dos puertos de subconjunto tienen patrones de potencia idénticos y polarización mutuamente ortogonal,

10 en el que al menos dos subconjuntos no superpuestos se combinan a través de ponderaciones de expansión,

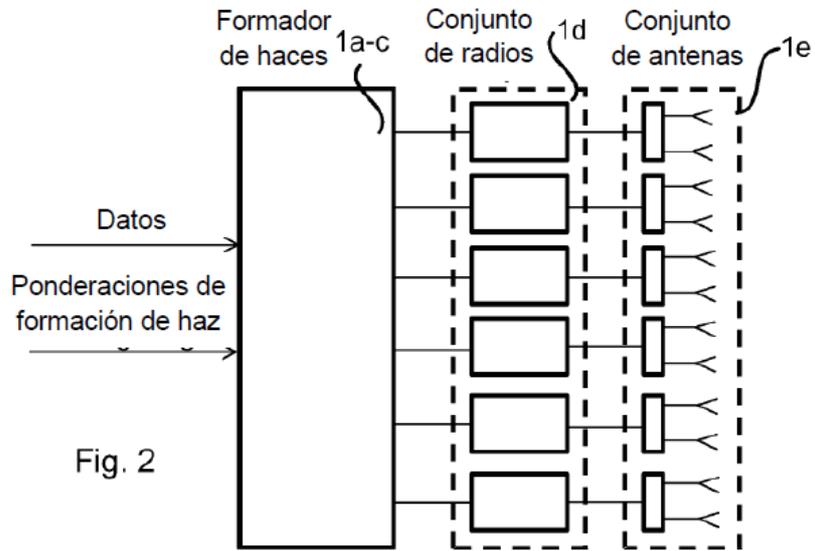
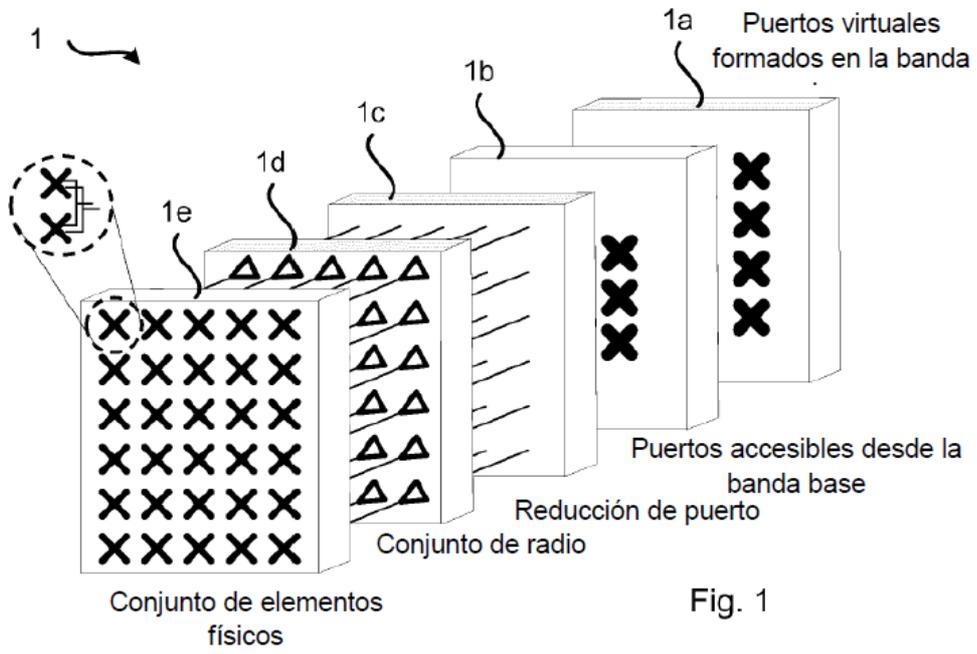
en el que las ponderaciones de expansión mapean uno o dos puertos de haz a puertos de subconjunto de modo que los uno o dos puertos de haces tengan el mismo patrón de potencia que los subconjuntos, y

15 en el que al menos parte de las ponderaciones de expansión tienen idéntica magnitud distinta de cero y están relacionados en fase para formar un lóbulo de transmisión;

20 en el que las ponderaciones de expansión se recogen en una matriz de expansión y se determinan de modo que la matriz de expansión sea espacialmente blanca; y

transmitir (S104) señales usando dichos uno o dos puertos de haz.

25 18.- Un producto (130) de programa informático que comprende un programa informático (131) de acuerdo con la reivindicación 17, y un medio legible por ordenador (132) en el que se almacena el programa informático.



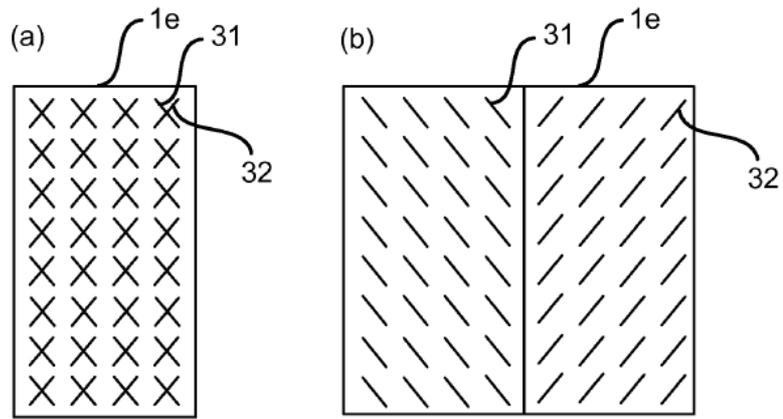


Fig. 3

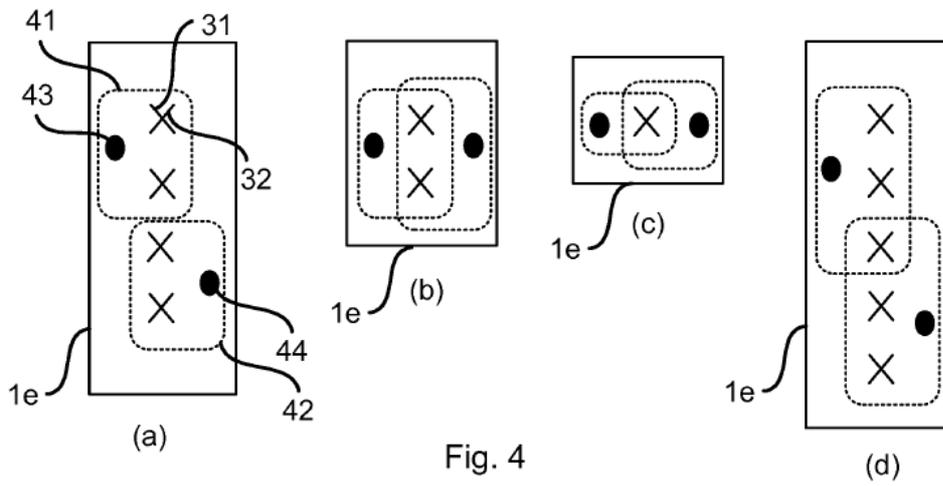


Fig. 4

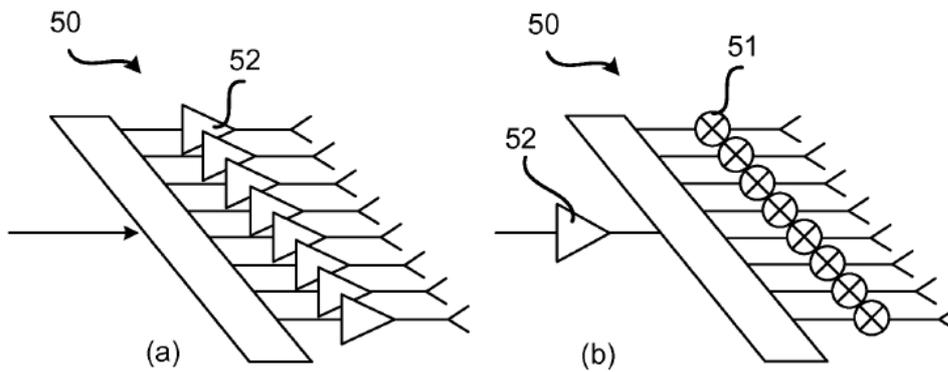


Fig. 5

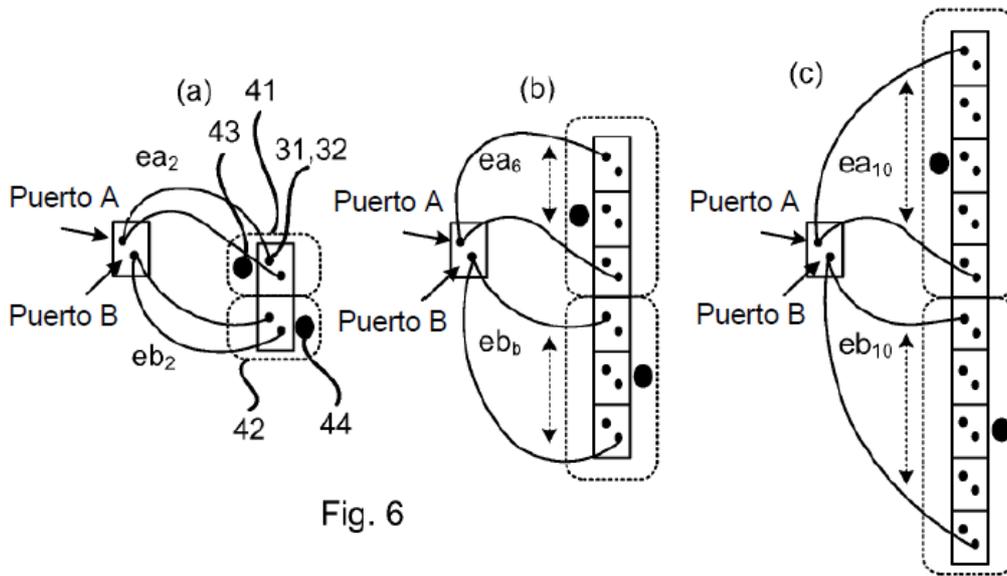


Fig. 6

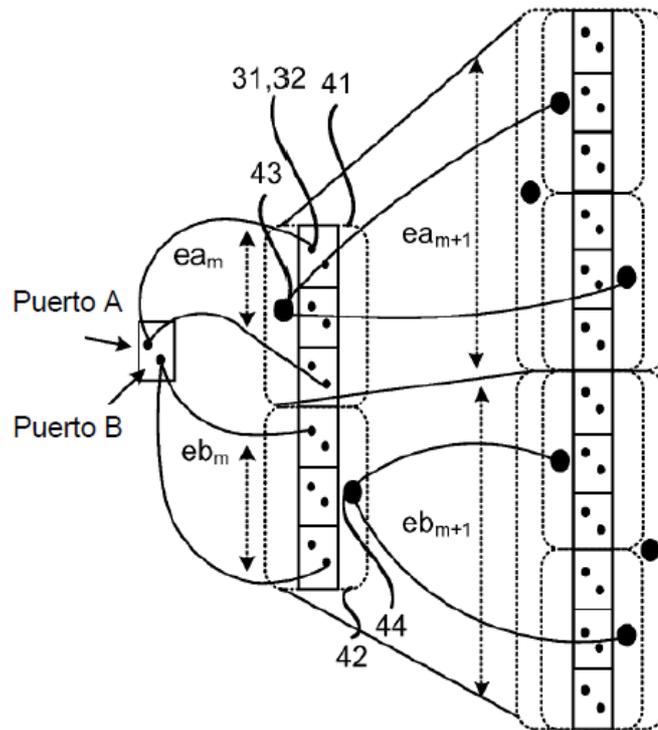


Fig. 7

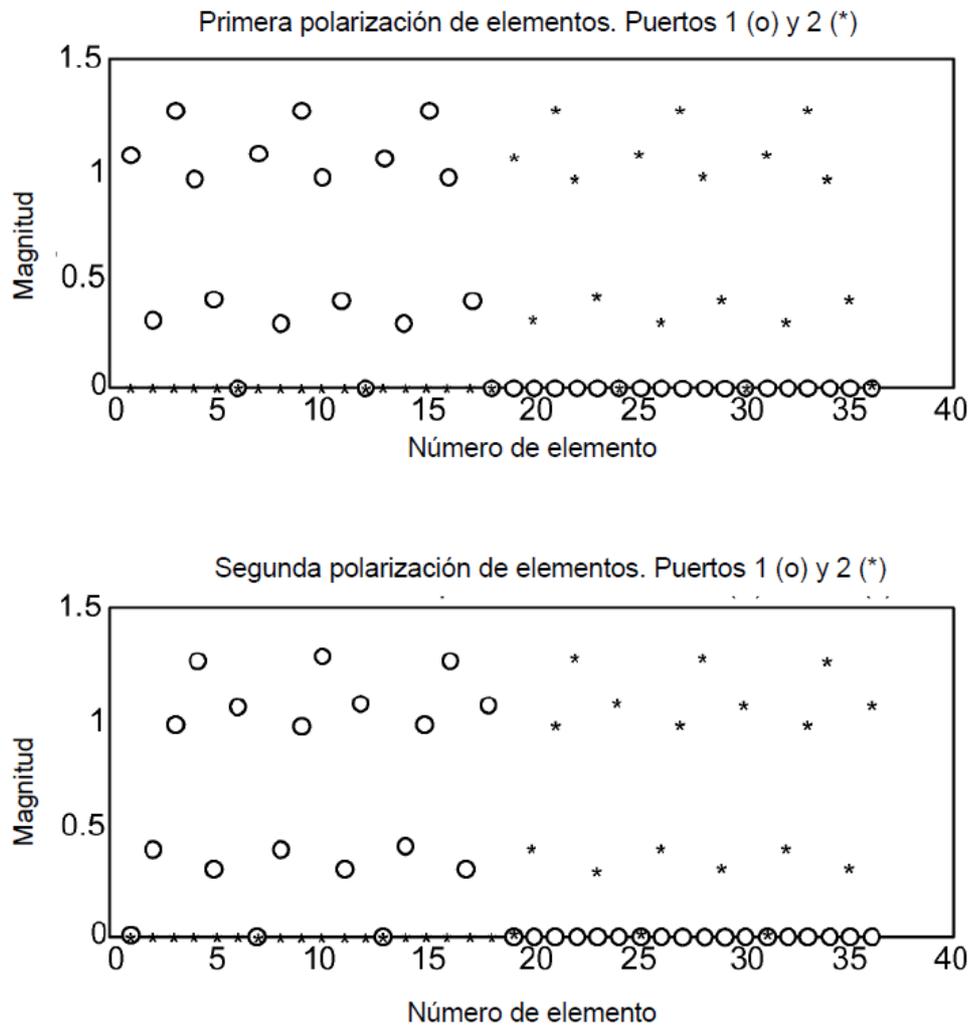


Fig. 8

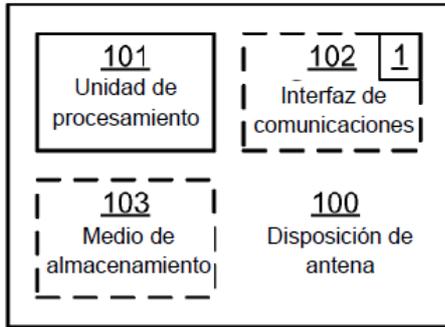


Fig. 9

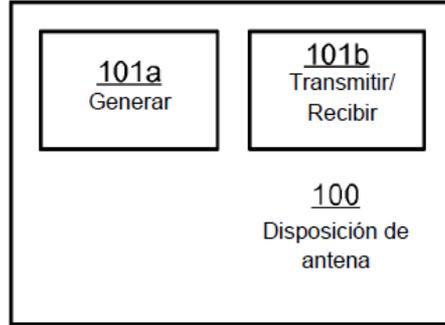


Fig. 10

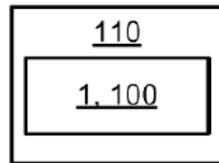


Fig. 11

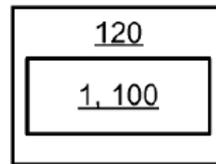


Fig. 12

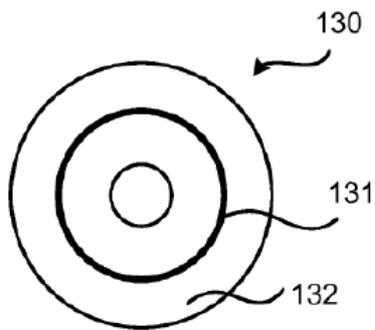


Fig. 13

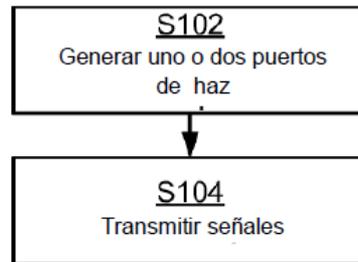


Fig. 14

Puerto de haz 1.D=14,6dBi,  
Wy=0,160m, Wz=0,080m,HPBW th/ph=25/50grados

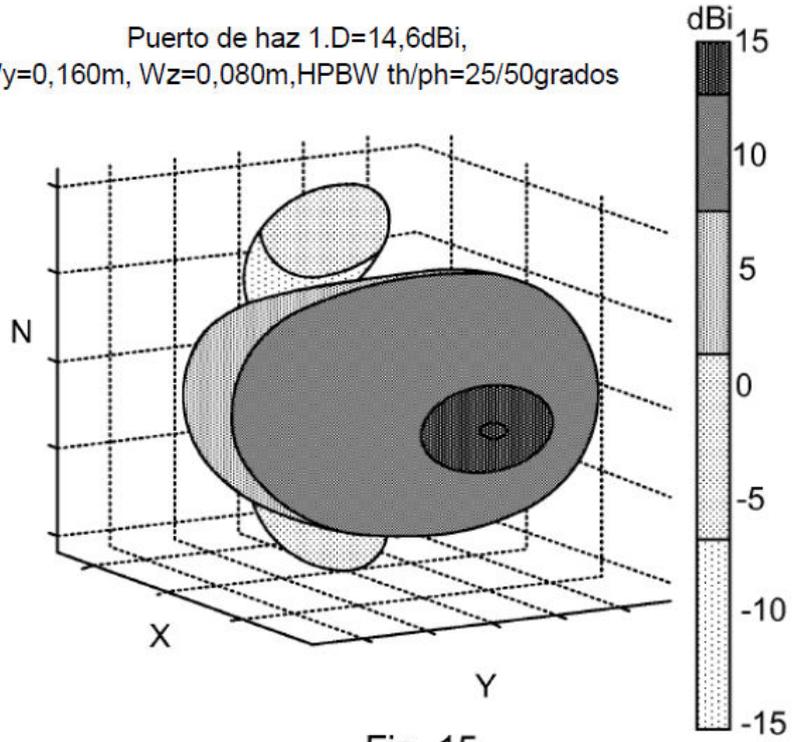


Fig. 15

Puerto de haz 2.D=14,6dBi,  
Wy=0,160m, Wz=0,080m,HPBW th/ph=25/50grados

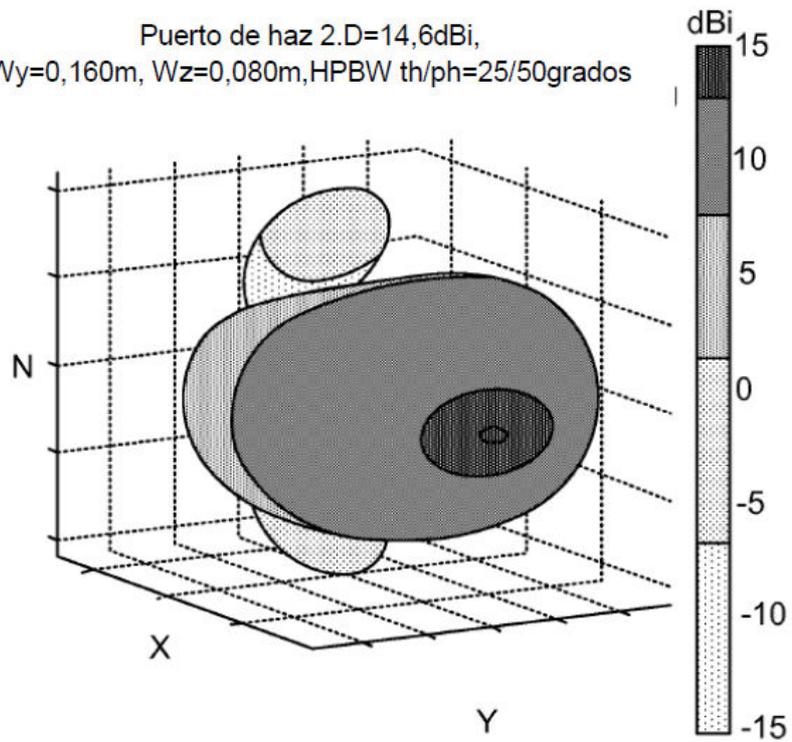


Fig. 16

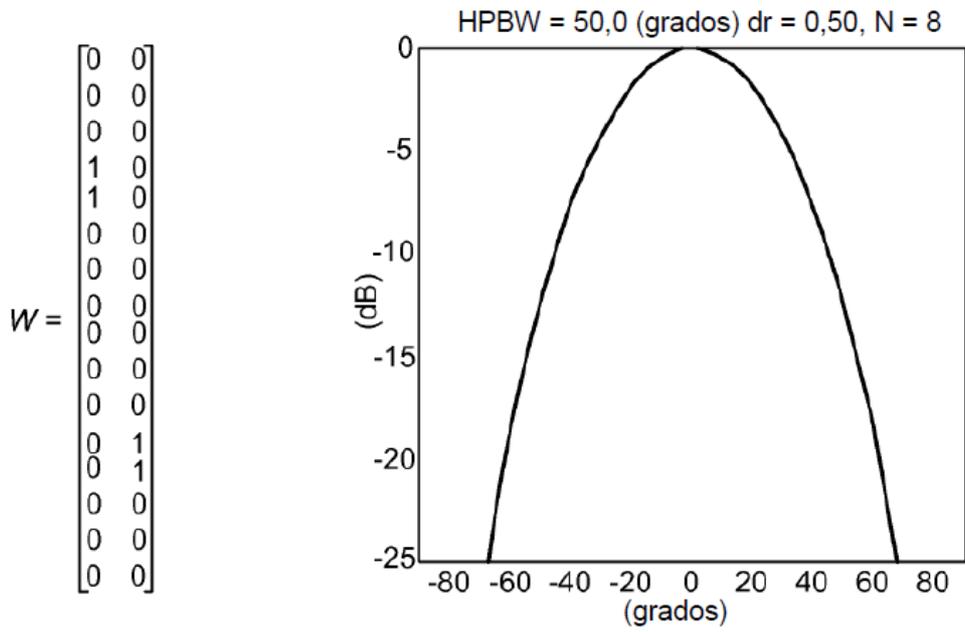


Fig. 17

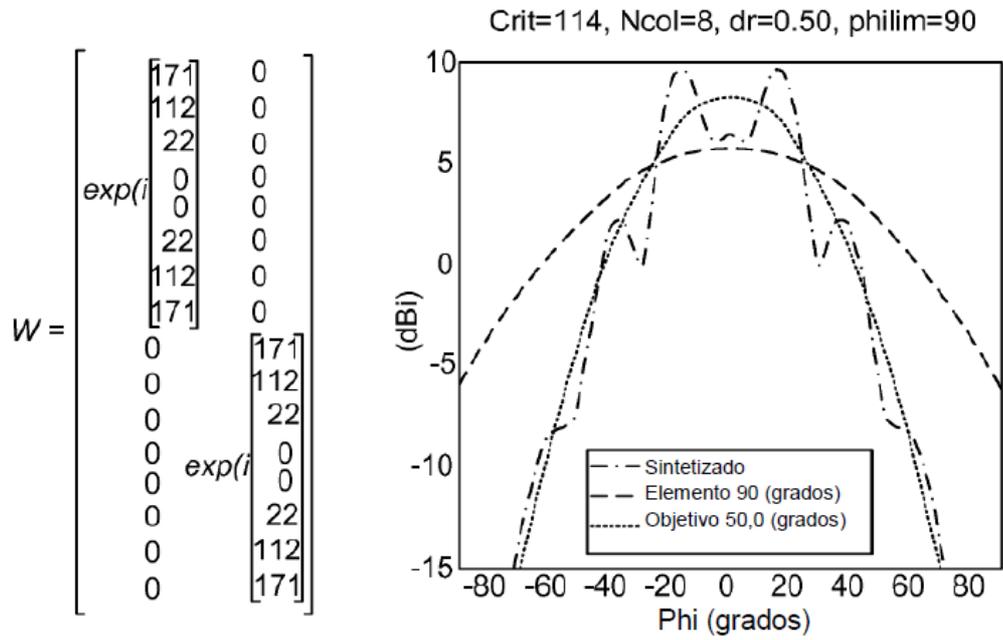


Fig. 18

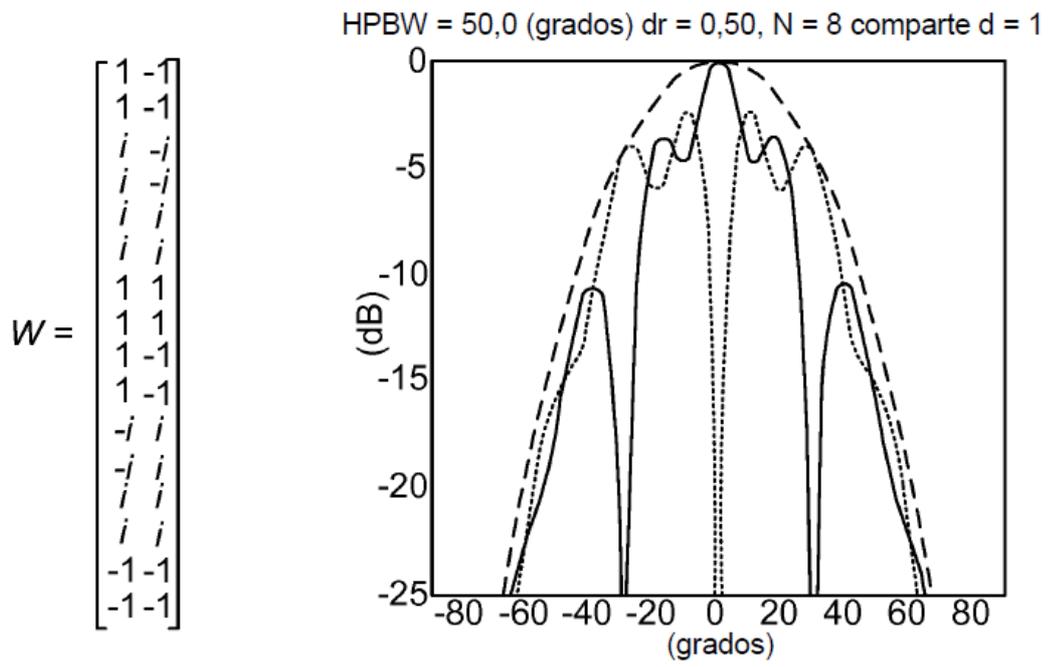


Fig. 19