

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 489**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/42** (2006.01)

**H01Q 25/00** (2006.01)

**G01S 13/48** (2006.01)

**G01S 13/58** (2006.01)

**H01Q 3/00** (2006.01)

**H01Q 21/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2010 PCT/SE2010/051462**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12087208**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2010 E 10861112 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 2656102**

54 Título: **Disposición de antena para un sistema de radar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.06.2020**

73 Titular/es:

**SAAB AB (100.0%)  
581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:

**LINDÄLV, ERIK y  
NILSSON, JAN-ERIK**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 764 489 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**

Disposición de antena para un sistema de radar

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere al campo de las disposiciones de antenas que se usarán en aplicaciones tales como radares.

**Antecedentes de la Invención**

10 Los sistemas de radar modernos a menudo usan la formación de haz digital, lo que significa que se crean varios haces mediante el procesamiento de señales para poder buscar un cierto volumen en el espacio más rápido y cubrir instantáneamente un área amplia. Para usar completamente este principio, cada elemento de antena debe estar conectado a un receptor. Las señales de retorno digitalizadas se combinan en haces mediante el uso de diferentes desplazamientos de tiempo para controlar la dirección de cada haz.

15 Para una resolución angular dada (en esta solución de la técnica anterior; lo mismo en dirección de elevación y acimut) se necesitan al menos  $n$  elementos de antena en cada dirección para crear haces suficientemente estrechos. Esto da como resultado  $n^2$  elementos de antena en la matriz y el mismo número de receptores. Para un sector de cobertura dado (lo mismo en dirección de elevación y acimut), se necesitan  $m$  direcciones de haz tanto en la dirección de acimut como de elevación. Esto significa que deben calcularse  $m^2$  haces simultáneamente para cubrir todas las combinaciones de direcciones de acimut y elevación.

20 La Figura 1a ilustra esquemáticamente un sector de cobertura 101 dividido en  $m$  haces 102, cada haz tiene un ancho de haz 103 y una dirección central de haz 104a. El sector de cobertura tiene una dirección central del sector 104b que divide el sector de cobertura en dos partes de ancho sustancialmente igual. Como los sectores de cobertura y la resolución angular son iguales en acimut y elevación en este caso, la Figura 1a ilustra la situación tanto en acimut como en elevación. El sector de cobertura comprende al menos un haz, es decir,  $m \geq 1$ .

Tal sistema se divulga, por ejemplo, en el documento de la técnica anterior US 2007/159922 A1 (ZIMMERMAN MATTHEW J [Estados Unidos] y otros) 12 de julio de 2007 (2007-07-12).

25 La Figura 1b ilustra la solución de la técnica anterior descrita anteriormente con una disposición de antena en forma de una matriz digital 2D 105 de elementos de antena 106. Un receptor 107 se conecta a cada elemento de antena. Los receptores se conectan a un formador de haz digital 108. El formador de haz digital combina la información recibida en varios haces 1 ... k, 109.

30 Tal sistema se divulga, por ejemplo, en el documento de la técnica anterior US 2010/141527 A1 (LALEZARI FARZIN [Estados Unidos]) 10 de junio de 2010 (2010-06-10).

La capacidad necesaria en el formador de haz digital es aproximadamente proporcional al número de datos de entrada (receptores) multiplicado por el número de datos de salida (haces). El número de receptores en combinación con las demandas computacionales extremas hace que las antenas totalmente digitales sean demasiado caras para la mayoría de las aplicaciones.

35 Después del formador de haz digital, cada haz debe manejarse por separado para encontrar los objetivos. Debido a los costos y las limitaciones físicas, los sistemas de radar a menudo usan la formación de haz digital en una sola dirección (elevación) y cubren la otra dirección, por ejemplo, girando la antena. Esta solución tiene el inconveniente de no poder cubrir instantáneamente un área determinada, ya que se limita por la velocidad de rotación de la disposición de la antena. La cobertura instantánea se limita al ancho en acimut de cada haz, este ancho generalmente es de unos pocos grados. Con un área de cobertura amplia, en lo sucesivo nos referimos a que un sector de cobertura en elevación y acimut tiene al menos 5 grados a cada lado de la dirección central del sector en acimut y elevación, pero típicamente al menos unos diez, veinte o treinta grados a cada lado de la dirección del centro del sector. Los planos no necesariamente tienen que ser los planos de acimut y elevación, sino que pueden ser dos planos perpendiculares en el espacio.

45 Por lo tanto, existe la necesidad de lograr un procesamiento de señal menos complicado con una cobertura instantánea de un área de cobertura amplia.

**Sumario**

El objeto de la invención es reducir al menos algunas de las deficiencias mencionadas con las soluciones de la técnica anterior y proporcionar:

- 50
- una disposición de antena para un sistema de radar
  - un procedimiento para calcular la posición de los objetivos dentro de una o dos áreas de cruce

resolver el problema para lograr un procesamiento de señal menos complicado con una cobertura instantánea de un área de cobertura amplia.

5 El objeto se logra proporcionando una disposición de antena para un sistema de radar dispuesto para la cobertura de un área de vigilancia y que comprende elementos de antena. Los elementos de antena se disponen para recibir una señal transmitida desde una antena de transmisión de una disposición de antena de transmisión y reflejada por un objetivo hacia la disposición de antena en la que:

- la disposición de antena comprende al menos dos matrices de líneas no paralelas, cada matriz de líneas se extiende a lo largo de un eje de matriz de líneas y comprende al menos dos elementos de antena,
- 10 • cada elemento de antena se conecta a un receptor donde cada matriz de líneas se dispone para crear, mediante el uso de la formación de haz digital, una serie de haces adyacentes y parcialmente superpuestos para una cobertura instantánea de al menos dicha área de vigilancia y,
- 15 • dentro del área de vigilancia, dichas matrices de líneas se disponen de manera que siempre hay una línea de visión libre desde al menos dos matrices de líneas hasta el objetivo, lo que permite que la posición del objetivo se limite a una o dos áreas de cruce entre al menos dos haces de diferentes matrices de líneas de las cuales se han recibido reflexiones objetivo.

El objeto se logra además mediante un procedimiento para calcular la posición de los objetivos dentro de una o dos áreas de cruce en el que las posiciones se pueden calcular para los objetivos dentro de un área de vigilancia mediante el uso de un sistema de radar con una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 16. El procedimiento comprende:

- 20 • una etapa de digitalización donde la señal recibida de cada elemento de antena en cada matriz de líneas se convierte en forma digital,
- una etapa de formación de haz digital donde se crean varios haces adyacentes y parcialmente superpuestos en diferentes direcciones a partir de cada matriz de líneas para una cobertura instantánea de al menos dicha área de vigilancia, combinando la información digitalizada de cada elemento de antena en cada matriz de líneas con diferentes cambios de tiempo,
- 25 • una etapa de identificación del objetivo donde los objetivos se identifican para cada haz por su velocidad y distancia con relación a la disposición de la antena del sistema de radar,
- una etapa de combinación de datos del objetivo mediante el uso de la distancia y la velocidad para identificar todos los haces en los que cada objetivo es visible y
- 30 • una etapa de cálculo de la posición del objetivo donde se calcula que la posición de cada objetivo está dentro de una o dos áreas de cruce en el espacio entre haces de diferentes matrices de líneas.

Una ventaja adicional de la invención es que también proporciona un sistema de radar que comprende una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 16.

35 Se logran ventajas adicionales implementando una o varias de las características de las reivindicaciones dependientes no mencionadas anteriormente, como se explicará a continuación.

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1a ilustra esquemáticamente los términos sector de cobertura, haces y direcciones centrales.

La Figura 1b muestra esquemáticamente una matriz digital 2D de acuerdo con la técnica anterior.

La Figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de una vista en perspectiva de haces de una matriz de líneas.

40 La Figura 3a muestra esquemáticamente un ejemplo de una sección transversal en un plano x/z de un haz.

La Figura 3b muestra esquemáticamente un ejemplo de una sección transversal en un plano x/y de un haz.

La Figura 4 muestra esquemáticamente un ejemplo con dos matrices de líneas.

Las Figuras 5a - 5c muestran esquemáticamente diferentes configuraciones de dos matrices de líneas montadas en un panel.

45 La Figura 5d muestra esquemáticamente un sector de cobertura de una antena de transmisión en un ejemplo de la invención.

La Figura 6 muestra esquemáticamente un ejemplo con tres matrices de líneas.

La Figura 7 muestra esquemáticamente un ejemplo de la invención con tres matrices de líneas montadas a lo largo de los bordes de un tetraedro y con una antena de transmisión en la parte superior del tetraedro.

La Figura 8 muestra esquemáticamente un ejemplo de la invención con cuatro matrices de líneas montadas a lo largo de los bordes de una pirámide.

- 5 La Figura 9 muestra esquemáticamente una configuración con las filas de elementos de antena ubicados a lo largo de los bordes de un tetraedro truncado.

La Figura 10 muestra un diagrama de bloques de un ejemplo del procedimiento de la invención.

### Descripción detallada

La invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, desde la Figura 2 hasta la Figura 10.

- 10 La Figura 1 ya se describió con anterioridad en los Antecedentes.

Las dimensiones en los dibujos no están a escala y las relaciones en las dimensiones entre las partes en los dibujos se han elegido de modo que se logre principalmente la claridad.

- 15 La Figura 2 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de haces de una matriz de líneas alargada 200 de acuerdo con la invención, teniendo la matriz de líneas alargada una extensión longitudinal a lo largo de un eje de matriz de líneas. La matriz de líneas comprende al menos dos elementos de antena 221. En este ejemplo de la invención, la matriz de líneas crea 17 haces 201-217 a través de la formación de haz digital. El número de haces puede variar en dependencia de la aplicación y los parámetros de diseño deseados, tal como el ancho del haz. Típicamente, el número de haces puede ser de 4-64, pero el alcance y el principio de la invención no están limitados por el número de haces o el número de elementos de antena en la matriz de líneas. Se puede esperar que el número  
20 de haces aumente para ciertas aplicaciones, incluso por encima o muy por encima de 64 haces, con vistas a desarrollos futuros de, por ejemplo, potencia computacional. El número de elementos de antena es típicamente entre 8-64, pero también se puede esperar que el número de elementos de antena aumente para ciertas aplicaciones, incluso por encima o muy por encima de 64 elementos de antena, en línea con desarrollos futuros de, por ejemplo, potencia computacional. Sin embargo, para muchas aplicaciones será suficiente usar una serie de haces y elementos de antena dentro de los rangos indicados. Como la potencia de cálculo es proporcional al número de haces, la potencia de cálculo requerida para una solución de acuerdo con la invención será mucho menor que para una solución de la técnica anterior de acuerdo con la Figura 1b. La solución de la técnica anterior requerirá  $k^2$  haces, mientras que una solución de matriz de dos líneas de acuerdo con la invención solo requerirá  $2k$  haces. Esto se ejemplificará más.

- 30 Un símbolo de coordenadas 220 define los ejes x, y, y z. Los elementos de antena se ubican a lo largo de la dirección longitudinal de la matriz de líneas. El eje de la matriz de líneas se extiende, en el ejemplo de la Figura 2, en la dirección del eje z. Cada elemento de antena 221 se conecta a un receptor. La matriz de líneas se dispone para crear una serie de haces adyacentes y parcialmente superpuestos mediante la formación de haz digital. En la Figura 2, los haces no se muestran superpuestos por razones de claridad. Cada haz tiene forma de cono aproximadamente, excepto por un sector ciego 222. Cuando los elementos de antena son omnidireccionales o sustancialmente omnidireccionales, el sector ciego se reducirá a cero. Preferentemente, los dipolos alargados sustancialmente omnidireccionales se usan como elementos de antena con una extensión longitudinal en la dirección del eje de la matriz de líneas. Los haces de la Figura 2 y otros patrones de haz de recepción en esta descripción y reivindicaciones ilustran la sensibilidad relativa en función de la dirección del haz creado digitalmente.

- 40 La Figura 3a muestra una sección transversal de un haz 301 en un plano x/z, el haz se crea mediante la formación de haz digital. El haz podría ser uno de varios haces creados por formación de haz digital en una matriz de líneas similar a la que se muestra en la Figura 2 y, por lo tanto, con un patrón similar de haces. Cada uno de los haces formados digitalmente se extiende a lo largo de al menos una parte de una superficie lateral 302 de un cono, la parte define un ancho, en este ejemplo en acimut, del haz con el eje y como dirección del centro del sector, ver Figura 3b. La superficie lateral tiene un ángulo de superficie  $\alpha$  hacia un eje de cono 303, en este caso coincidiendo con el eje z, definiendo el  
45 ángulo de superficie la dirección de un haz, en este ejemplo, en elevación. El eje del cono coincide con el eje de la matriz de líneas 304. Un vértice de cono 305 se localiza en la matriz de líneas. El eje del cono, sobre el cual la superficie lateral tiene simetría rotacional, atraviesa el vértice del cono, dividiendo así el vértice del cono en dos partes. El ángulo de la superficie puede asumir valores dentro del rango de 0-180 grados, es decir, para conos por debajo del eje x de la Figura 3a, el ángulo de la superficie estará en el rango de 90-180 grados y por conos por encima del eje x en el  
50 rango de 0- 90 grados. Esto significa que el ángulo de la superficie siempre comenzará desde la misma parte del eje del cono.

- La Figura 3b es una sección transversal del haz 301 en un plano x/y que muestra la superficie lateral 302 como una línea discontinua de trazos. En este ejemplo, el haz se extiende a lo largo de la superficie lateral 302 del cono, excepto por la parte de la superficie lateral correspondiente al sector ciego 306. Cuando se utilizan elementos de antena sustancialmente omnidireccionales, como los dipolos, el sector ciego se reducirá a cero y los haces se extenderán a lo largo de la superficie lateral completa del cono. En este ejemplo, los elementos de antena se usan para cubrir el plano de acimut y la formación de haz digital se usa en un plano de elevación que es perpendicular al plano de acimut.

Sin embargo, también son posibles otras combinaciones de planos utilizando, por ejemplo, la cobertura sustancialmente omnidireccional, o al menos un área de cobertura amplia, de los elementos de antena en un plano de elevación y la formación de haz digital en un plano acimutal. Los planos no necesariamente tienen que ser los planos de acimut y elevación, sino que pueden ser dos planos perpendiculares en el espacio.

5 Los patrones de sensibilidad de los elementos de antena se hacen sustancialmente omnidireccionales en un ejemplo de la invención, por ejemplo, mediante el uso de elementos de dipolos. En otras aplicaciones, los elementos de antena pueden ser parches. La sensibilidad omnidireccional para los elementos de antena significa que el elemento de antena tiene la misma sensibilidad en todas las direcciones para recibir radiación electromagnética. Con radiación omnidireccional se entiende que el elemento de antena irradia energía electromagnética por igual en todas las  
10 direcciones cuando se opera en modo de transmisión. Un radiador isotrópico es una fuente puntual teórica que tiene una sensibilidad y radiación verdaderamente omnidireccionales. Sin embargo, no hay elementos de antena reales que tengan una sensibilidad o radiación verdaderamente omnidireccional. Cuando el término sensibilidad sustancialmente omnidireccional o radiación omnidireccional se usa en esta descripción y en las reivindicaciones, se refiere a que la sensibilidad o radiación de un elemento de antena como un dipolo, u otro elemento de antena con una sensibilidad o  
15 radiación correspondiente, tiene una sensibilidad o radiación casi, o sustancialmente omnidireccional. La sensibilidad y la radiación para un dipolo es bien conocida por la persona experta. En otras aplicaciones de la invención, uno o varios elementos de antena en una matriz de líneas pueden comprender uno o varios elementos de antena secundaria acoplados entre sí y proporcionando una señal de salida analógica desde cada uno de dichos elementos de antena. Por lo tanto, los elementos de antena en una matriz de líneas no necesariamente tienen que ser del mismo tipo, sino  
20 que pueden ser una mezcla de, por ejemplo, dipolos y parches.

La invención comprende una disposición de antena para un sistema de radar dispuesto para la cobertura de un área de vigilancia y que comprende elementos de antena. Los elementos de antena se disponen para recibir una señal transmitida desde una antena de transmisión de una disposición de antena de transmisión y reflejada por un objetivo hacia la disposición de antena.

25 La disposición de antena comprende al menos dos matrices de líneas no paralelas. Cada matriz de líneas se extiende a lo largo de un eje de matriz de líneas y comprende al menos dos elementos de antena, y cada elemento de antena se conecta a un receptor donde cada matriz de líneas se dispone para crear una serie de haces adyacentes y parcialmente superpuestos utilizando la formación de haz digital para una cobertura instantánea de al menos dicha zona de vigilancia. Las matrices de líneas paralelas son matrices de líneas que tienen sus ejes de matrices de líneas en paralelo. Normalmente, todos los haces tienen direcciones de haz diferentes, sin embargo, este no es un requisito  
30 necesario.

La disposición de la antena para el sistema de radar cubre un volumen en el espacio llamado área de vigilancia. Dentro del área de vigilancia, dichas matrices de líneas se disponen de tal manera que siempre hay una línea de visión libre desde al menos dos matrices de líneas hasta el objetivo. Como se explicará, esto permitirá que la posición del objetivo se limite a una o dos áreas de cruce entre al menos dos haces de diferentes matrices de líneas desde los que se han recibido reflexiones del objetivo.  
35

La disposición de antena de transmisión se dispone para crear un amplio haz de transmisión que cubre el área de vigilancia completa. Si se requiere un área de vigilancia muy amplia, la antena de transmisión de la disposición de antena de transmisión puede ser una antena gran angular separada, tal como un tipo de antena dipolo simple separada. En otras aplicaciones, pueden usarse antenas de haz más estrecho, como, por ejemplo, antenas de bocina.  
40

En otros ejemplos de la invención, los elementos de antena en las matrices de líneas pueden usarse tanto para transmitir como para recibir. Cada elemento de antena se conecta a un receptor y un transmisor.

Una señal reflejada desde un objetivo y recibida en un haz creado por una matriz de líneas con elementos de antena sustancialmente omnidireccionales puede usarse para posicionar el objetivo en una dirección definida por el ángulo de superficie  $\alpha$ . La distancia al objetivo se puede calcular por la diferencia de tiempo entre la señal transmitida y recibida. El haz y el ángulo de superficie  $\alpha$  junto con la diferencia de tiempo entre la señal transmitida y recibida define así la posición del objetivo que se ubicará en algún lugar en un círculo en la superficie lateral 302 del cono, ver Figura 3b, si los elementos de antena son sustancialmente omnidireccionales. Si los elementos de la antena son de otro tipo o si la sensibilidad de los elementos de la antena se limita por obstáculos mecánicos, habrá un sector ciego y la posición del objetivo se ubicará en la parte restante de un círculo, sin incluir el sector ciego, como se ilustra en la Figura 3b.  
45  
50

Para definir mejor la posición objetivo, se usa una segunda matriz de elementos de antena como se ilustra en la Figura 4 que muestra una primera matriz de líneas 401 y una segunda matriz de líneas 402. El objetivo se detecta en un primer haz creado por la primera matriz de líneas 401 y en un segundo haz creado por la segunda matriz de líneas 402. Como la distancia  $d$  desde el objetivo a una matriz de líneas se puede calcular a partir de la diferencia de tiempo entre la señal que se transmite desde la disposición de la antena de transmisión hasta que la señal se recibe en los elementos de la antena después de haber sido reflejada desde el objetivo, la posición del objetivo puede determinarse para que se coloque en algún lugar en un primer círculo 403 en el primer haz y en algún lugar en un segundo círculo 404 en el segundo haz. Cada punto en los círculos tiene una distancia  $d$  a su matriz de líneas. En este caso, todos los  
55

puntos en ambos círculos tienen la misma distancia  $d$  a su matriz de líneas, ya que las matrices de líneas se ubican conjuntamente. En este ejemplo, la disposición de la antena de transmisión también se ubica junto con las matrices de líneas. Se puede determinar entonces que la posición objetivo se coloca dentro de una primera 405 o una segunda área de cruce 406 entre los dos círculos. Como los círculos en una realización práctica tendrán un cierto ancho, las posiciones se definirán en un área de cruce en lugar de un punto de cruce entre los dos círculos. La precisión de la posición dentro del área de cruce se puede mejorar combinando información de haces adyacentes y de varios pulsos transmitidos desde la disposición de antena de transmisión y recibidos por los elementos de antena. El ángel entre los ejes de las matrices de líneas es en este ejemplo de la invención 90 grados. Sin embargo, también pueden usarse otros ángulos entre los ejes de las matrices de líneas como se mostrará, siempre que los objetivos dentro del rango de detección estén siempre dentro de la línea de visión de al menos dos matrices de líneas no paralelas.

Al combinar dos matrices de líneas ubicadas en un panel que no es transparente para la radiación electromagnética, la disposición de la antena, incluidos las dos matrices de líneas, solo se mirará frente al panel, lo que significa que se puede determinar una posición objetivo inequívoca. En esta aplicación, dos matrices de líneas reemplazan el conjunto 2D de elementos de antena como se ilustra en la solución de la técnica anterior de la Figura 1b. El hecho de que el posicionamiento se vuelve inequívoco en esta aplicación de la invención puede entenderse a partir de la Figura 4. En este caso, la disposición de la antena del sistema de radar solo mira en la dirección por encima de la cruz de las matrices de líneas primera y segunda 401 y 402. Esto significa que solo se detectará la primera área de cruce 405 y, por lo tanto, se puede determinar que el objetivo está dentro de esta área. La Figura 5 muestra algunas configuraciones posibles de matrices de líneas que se pueden usar en esta aplicación donde dos matrices de líneas se encuentran en un panel con sus ejes de matriz de líneas en un plano de extensión del panel o en paralelo con el plano de extensión del panel.

En la Figura 5a, una primera matriz de líneas 501 y una segunda matriz de líneas 502 se ubican a cierta distancia con un ángulo recto  $\beta$  entre los ejes de las matrices de líneas. En la Figura 5b, las dos matrices de líneas se cruzan entre sí con sus ejes de matriz de líneas perpendiculares entre sí,  $\beta = 90^\circ$ , y con un elemento de antena 503 en común para ambas matrices de líneas. La Figura 5c muestra un ejemplo donde el ángulo  $\beta$  entre los ejes no es igual a 90 grados.

La Figura 5d muestra una vista superior y lateral del panel 504 donde se encuentran las matrices de líneas, es decir, los sectores de cobertura son iguales en dos planos perpendiculares. En esta configuración, se usa una antena de bocina en la disposición de antena de transmisión. La antena de bocina tiene en este ejemplo un sector de cobertura y en dos planos perpendiculares de aproximadamente 120 grados centrados alrededor de un eje, o dirección del centro del sector, siendo 505 perpendicular a la superficie del panel.

Para cubrir un área amplia, como un hemisferio, cada matriz de líneas se puede alinear a lo largo de al menos una parte de un borde separado de un poliedro. En un ejemplo de la invención, hay al menos tres matrices de líneas donde cada matriz de líneas está alineada a lo largo de al menos una parte de un borde separado del poliedro.

Esto se ilustra esquemáticamente en la Figura 6 con una primera 601, una segunda 602 y una tercera matriz de líneas 603 ubicadas en el espacio como si estuvieran ubicadas a lo largo de los bordes de un tetraedro. En este caso, se supone que los elementos de antena en cada matriz de líneas tienen una sensibilidad sustancialmente omnidireccional y que no hay sectores ciegos causados, por ejemplo, por una estructura mecánica. Esto significa que se puede ver un objetivo desde los tres matrices de líneas y cada matriz de líneas puede colocar el objetivo en un círculo. La primera matriz de líneas coloca el objetivo en un primer círculo 6011, la segunda matriz de líneas coloca el objetivo en un segundo círculo 6021 y la tercera matriz de líneas coloca el objetivo en un tercer círculo 6031. En este caso, el área de cruce común 604 define inequívocamente la posición del objetivo cuando hay una línea de visión directa desde cada una de las tres matrices de líneas hasta el objetivo.

Sin embargo, como el área de vigilancia se define como un volumen en el espacio desde donde siempre hay una línea de visión libre desde al menos dos matrices de líneas hasta el objetivo, siempre será posible determinar la posición del objetivo dentro de una de las dos áreas de cruce entre haces. En la configuración de la Figura 6, siempre será posible configurar sectores ciegos y patrones de sensibilidad de modo que el objetivo sea posible ver desde al menos dos matrices de líneas. En algunas aplicaciones, como la descrita anteriormente, la tercera matriz de líneas también puede ver el objetivo y luego puede usarse para determinar sin ambigüedad las posiciones del objetivo. En otras aplicaciones donde la matriz de la tercera línea no puede ver el objetivo, se puede usar para descartar una de las áreas de cruce entre haces, lo que resulta en una posición de objetivo inequívoca dentro de un área de cruce. La antena de transmisión de la disposición de antena de transmisión podría, en la aplicación mostrada en la Figura 6, ser una antena dipolo simple, proporcionando radiación sustancialmente omnidireccional. La antena dipolo puede estar preferentemente orientada verticalmente.

El sistema de radar puede usar la información de la disposición de la antena para determinar la posición de un objetivo de manera inequívoca dentro de un área de cruce entre haces en el espacio o, en algunas aplicaciones como se describe, de manera ambigua dentro de dos posibles áreas de cruce entre haces en el espacio. Por lo tanto, siempre se puede determinar que la posición del objetivo está dentro de una o dos áreas de cruce entre haces. En este último caso, se realizará una determinación final de la posición del objetivo en un sistema separado mediante el uso de la información del sistema de radar e información adicional para determinar inequívocamente la posición de un objetivo. Dicha información adicional puede ser uno o varios de los siguientes tipos de información:

- información del terreno (no es probable que el objetivo esté dentro de una montaña),
- información táctica (la posición del enemigo podría conocerse aproximadamente),
- seguimiento a lo largo del tiempo, por ejemplo: si los datos sin procesar producen dos posibles pistas donde una posición en una de las pistas puede identificarse como falsa, por ejemplo, porque está dentro de una montaña, entonces la pista que comprende esta posición falsa puede excluirse y la posición puede ser inequívocamente definida para estar siempre en la otra pista que carece de la posición falsa y
- fusión de datos (datos de otros sensores como, por ejemplo, sistemas AEW (Advertencia temprana en el aire), sensores térmicos o sensores ópticos).

5 La Figura 7 ilustra esquemáticamente una realización práctica de la configuración de la Figura 6 con tres matrices de líneas donde cada matriz de líneas se alinea a lo largo de al menos una parte de un primer 701, un segundo 702 y un tercer borde 703 de un tetraedro 700. Los tres bordes con elementos de antena se encuentran en un punto superior 705. Una antena de transmisión 704 de la disposición de antena de transmisión se ubica en la parte superior del tetraedro que proporciona un patrón de radiación sustancialmente omnidireccional 706. La disposición de antena de transmisión comprende la antena de transmisión y un transmisor.

15 La Figura 8 ilustra esquemáticamente otro ejemplo de una realización de la invención con cuatro matrices de líneas donde cada matriz de líneas se alinea a lo largo de al menos una parte de un primer 801, un segundo 802, un tercer 803 y un cuarto borde 804 de una pirámide 800. Dichos bordes con elementos de antena se encuentran en un punto superior 805. La antena de transmisión puede, por ejemplo, ubicarse como en el ejemplo de la Figura 7.

20 Las matrices de líneas que se encuentran en el punto superior, 705, 805, como se describe en las Figuras 7 y 8, pueden tener un elemento de antena común ubicado en el punto superior.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente otro ejemplo de una realización de la disposición de antena con tres matrices de líneas ubicadas a lo largo de tres bordes 901-903 en un tetraedro 900 truncado. La antena de transmisión puede, por ejemplo, ubicarse en un punto superior definido como el punto de cruce de las líneas de extensión desde los tres bordes.

25 La invención proporciona, como se describe, una cobertura instantánea de un área de cobertura amplia a un costo drásticamente reducido en comparación con una antena de matriz 2D completamente digital. Un área de cobertura amplia, correspondiente al área de vigilancia, se describe como se definió anteriormente como un sector de cobertura tanto en elevación como en acimut, que tiene al menos 5 grados a cada lado de la dirección central del sector en acimut y elevación, pero típicamente al menos unos diez, veinte o treinta grados a cada lado de la dirección central del sector. Los planos no necesariamente tienen que ser los planos de acimut y elevación, sino que pueden ser dos planos perpendiculares en el espacio.

30 Para dar un ejemplo de las ventajas de la invención, una antena que requiere 24 elementos de antena en una primera matriz de líneas y 24 elementos de antena en una segunda matriz de líneas y con 16 direcciones de haz en cada matriz de líneas requiere lo siguiente en comparación con la solución de la técnica anterior Figura 1b:

	Técnica anterior	Invención
Elementos de antena	$24^2=576$	$2 \cdot 24 = 48$
Receptores	576	48
Haces	$16^2=256$	$2 \cdot 16 = 32$
Rango	1	$\left(\frac{24}{24^2}\right)^{1/4} \approx 0.45$

35 El ejemplo anterior muestra que la solución inventiva requerirá significativamente menos en términos de elementos de antena, receptores y haces. Estos parámetros influyen directamente en el tamaño, el peso, el consumo de energía, los requisitos de enfriamiento y el precio del sistema de radar. La reducción del alcance en comparación con la técnica anterior (suponiendo la misma potencia de transmisión en la técnica anterior y la solución inventiva) significa que el sistema es especialmente interesante para aplicaciones de corto alcance. El cálculo del rango se realiza comparando el área de recepción de una matriz de líneas de la solución inventiva con el área de recepción de la solución de la técnica anterior y luego calculando la cuarta raíz de esta relación de acuerdo con la ecuación de radar, bien conocida

por la persona experta. El cálculo del rango debe realizarse mediante el uso solo el área de una matriz de líneas, ya que cada haz se crea con información de solo una matriz de líneas.

5 La invención también proporciona un procedimiento para calcular la posición de los objetivos. Las diferentes etapas del procedimiento para un ejemplo de la invención se ilustran en un diagrama de bloques en la Figura 10. Las etapas no necesariamente tienen que realizarse en el orden descrito a continuación e ilustrados en la Figura 10.

En una etapa de digitalización 1001, la señal recibida de cada elemento de antena 1000 en cada matriz de líneas se convierte a forma digital.

10 En una etapa de formación de haz digital 1002, se crean una serie de haces adyacentes y parcialmente superpuestos en diferentes direcciones a partir de cada matriz de líneas para una cobertura instantánea de, al menos dicha área de vigilancia combinando la información digitalizada de cada elemento de antena en cada matriz de líneas con diferentes desplazamientos de tiempo.

15 En una etapa de identificación de objetivos, se identifican 1003 objetivos para cada haz por su velocidad y distancia con respecto a la disposición de antena del sistema de radar. La distancia se calcula por la diferencia de tiempo entre la señal transmitida y recibida en cada haz y la velocidad del objetivo se calcula por el desplazamiento Doppler de la señal devuelta. Estos cálculos se realizan por medios convencionales utilizados en sistemas de radar.

20 En una etapa de combinación de datos de objetivo 1004, el rango y la velocidad se utilizan para identificar todos los haces en los que cada objetivo es visible, es decir, haces desde los cuales se han recibido reflexiones de objetivos. Se puede detectar un objetivo desde uno o varios haces adyacentes desde una matriz de líneas. Cuando se detecta el objetivo en más de un haz de una matriz de líneas, el haz con la señal recibida más fuerte se elige para los cálculos del área de cruce y la información de los haces adyacentes se usa para mejorar la precisión al definir la posición del objetivo como se describe a continuación en la etapa 1005 de cálculo de la posición del objetivo.

25 En una etapa de cálculo de la posición del objetivo 1005, se calcula la posición de cada objetivo. Si la etapa de combinación de objetivo 1004 identifica haces de solo una matriz de líneas, la posición será un círculo (o parte del círculo dependiendo de las limitaciones conocidas del haz). Sin embargo, esta alternativa se descarta ya que la configuración de la disposición de la antena es tal que siempre hay una línea de visión libre desde al menos dos matrices de líneas hasta el objetivo. El objetivo siempre será visible en dos haces en dos matrices de líneas. Cuando haya haces de dos matrices de líneas disponibles, la posición estará dentro de una o dos áreas de cruce en el espacio entre haces de diferentes matrices de líneas (un área de cruce si las limitaciones conocidas del haz excluyen una opción) como se explica en asociación con el ejemplo de acuerdo con la Figura 4. Cuando haya haces de tres o más matrices de líneas disponibles, la posición estará dentro de una sola área de cruce en el espacio entre haces de diferentes matrices de líneas. Como se mencionó anteriormente, la precisión de la posición dentro del área de cruce se puede mejorar combinando información de haces adyacentes y de varios pulsos transmitidos desde la disposición de antena de transmisión y recibidos por los elementos de antena.

35 Las posiciones de los objetivos normalmente se evaluarán adicionalmente 1006 para, por ejemplo, rastrear objetivos a lo largo del tiempo, combinar información con otros sensores para resolver posibles ambigüedades y calcular trayectorias de proyectiles. Este sistema separado no es parte de la invención. La información adicional que puede usarse para resolver ambigüedades incluye:

- información del terreno
- información táctica,
- 40 • seguimiento a lo largo del tiempo y
- la fusión de datos

como se explicó anteriormente.

45 En resumen, la invención proporciona un procedimiento para calcular la posición de los objetivos dentro de una o dos áreas de cruce en el que las posiciones se pueden calcular para los objetivos dentro de un área de vigilancia mediante el uso de un sistema de radar con una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 16. El procedimiento comprende:

- una etapa de digitalización 1001 donde la señal recibida de cada elemento de antena 1000 en cada matriz de líneas se convierte a forma digital,
- 50 • un haz digital que se forma en la etapa 1002 donde se crean varios haces adyacentes y parcialmente superpuestos en diferentes direcciones a partir de cada matriz de líneas para una cobertura instantánea de al menos dicha área de vigilancia combinando la información digitalizada de cada elemento de antena en cada matriz de líneas con diferentes desplazamientos de tiempo,

- una etapa de identificación del objetivo 1003 donde los objetivos se identifican para cada haz por su velocidad y distancia con relación a la disposición de la antena del sistema de radar,
- una etapa de combinación de datos de objetivo 1004 mediante el uso de distancia y velocidad para identificar todos los haces en los que cada objetivo es visible y

- 5
- una etapa de cálculo de la posición del objetivo 1005 donde se calcula que la posición de cada objetivo está dentro de una o dos áreas de cruce en el espacio entre haces de diferentes matrices de líneas.

La invención también proporciona un sistema de radar que comprende una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 16.

- 10
- La invención y sus realizaciones no se limitan a los ejemplos descritos en esta descripción, sino que pueden variar libremente dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Una disposición de antena para un sistema de radar dispuesto para cubrir un área de vigilancia y que comprende elementos de antena (106), estando dispuestos los elementos de antena para recibir una señal transmitida desde una antena de transmisión de una disposición de antena de transmisión y reflejada por un objetivo hacia la disposición de antena, caracterizado porque:
- la disposición de antena comprende al menos tres matrices de líneas (200, 304, 401, 402, 501, 502, 601-603), cada matriz de líneas está alineada a lo largo de al menos una parte de un primer (701), un segundo (702) y un tercer borde (703) de un tetraedro (700), y que comprende al menos dos elementos de antena (221),
  - 10 • cada elemento de antena (221) se conecta a un receptor donde cada matriz de líneas se dispone para crear, mediante la formación de haz digital, varios haces adyacentes y parcialmente superpuestos (201-217, 301) para una cobertura instantánea de al menos dicha vigilancia área y,
  - 15 • dentro del área de vigilancia, dichas matrices de líneas se disponen de manera que siempre haya una línea de visión libre desde al menos dos matrices de líneas hasta el objetivo, permitiendo así que la posición del objetivo se limite a una o dos áreas de cruce (405, 406, 604) entre al menos dos haces de diferentes matrices de líneas desde los cuales se han recibido reflexiones objetivo.
2. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** la antena de transmisión (704) de la disposición de antena de transmisión es una antena gran angular separada.
3. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la antena de transmisión (704) de la disposición de antena de transmisión es una antena dipolo orientada verticalmente, que proporciona radiación sustancialmente omnidireccional.
- 20 4. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** los elementos de antena (221) en las matrices de líneas se usan tanto para transmitir como para recibir, cada elemento de antena se conecta a un receptor y un transmisor.
5. Una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada uno de los haces formados digitalmente (201-217, 301) se extienden a lo largo de al menos una parte de una superficie lateral (302) de un cono, definiendo la parte un ancho del haz y la superficie lateral tiene un ángulo de superficie ( $\alpha$ ) hacia un eje cónico (303), el ángulo de la superficie define una dirección del haz, y con un vértice de cono (305) ubicado en la matriz de líneas (200, 304, 401, 402, 501, 502, 601-603), el eje cónico, alrededor del cual la superficie lateral tiene simetría rotacional, pasa a través del vértice del cono.
- 30 6. Una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los elementos de antena (221) son dipolos.
7. Una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los patrones de sensibilidad de los elementos de antena (221) son sustancialmente omnidireccionales.
- 35 8. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada porque** los elementos de antena (221) son parches.
9. Una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** dos matrices de líneas (501, 502) se ubican en un panel (504) con sus ejes de matrices de líneas en, o en paralelo con, un plano de extensión del panel.
- 40 10. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada porque** las dos matrices de líneas (501, 502) se cruzan entre sí con sus ejes de matrices de líneas perpendiculares entre sí y con un elemento de antena (503) en común para ambas matrices de líneas.
11. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** los tres bordes con elementos de antena se encuentran en un punto superior (705).
- 45 12. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** hay cuatro matrices de líneas (200, 304, 401, 402, 501, 502, 601-603), cada matriz de líneas está alineada a lo largo de al menos una parte de un primero (801), un segundo (802), un tercero (803) y un cuarto (804) borde de una pirámide (800), dichos bordes con elementos de antena se encuentran en un punto superior (805).
- 50 13. Una disposición de antena de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, **caracterizada porque** las matrices de líneas (200, 304, 401, 402, 501, 502, 601-603) que se encuentran en el punto superior tienen un elemento de antena común ubicado en el punto superior (705, 805).
14. Una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** uno o varios elementos de antena en una matriz de líneas comprenden uno o varios elementos de subantena.

15. Un procedimiento para calcular la posición de los objetivos dentro de una o dos áreas de cruce, **caracterizado porque** las posiciones se pueden calcular para objetivos dentro de un área de vigilancia mediante el uso de un sistema de radar con una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 14, el procedimiento comprende:

- 5       • etapa de digitalización (1001) en la que la señal recibida de cada elemento de antena (1000) en cada matriz de líneas se convierte a forma digital,
- 10      • etapa de formación de haz digital (1002) en la que se crea un número de haces adyacentes y parcialmente superpuestos en diferentes direcciones a partir de cada matriz de líneas para una cobertura instantánea de al menos dicha área de vigilancia combinando la información digitalizada de cada elemento de antena en cada matriz de líneas con diferentes turnos de tiempo,
- 15      • etapa de identificación del objetivo (1003) en la que los objetivos se identifican para cada haz por su velocidad y distancia con respecto a la disposición de la antena del sistema de radar,
- etapa de combinación de datos del objetivo (1004) mediante el uso de la distancia y la velocidad para identificar todos los haces en los que cada objetivo es visible y
- etapa de cálculo de la posición del objetivo (1005) en la que se calcula que la posición de cada objetivo está dentro de una o dos áreas de cruce en el espacio entre haces de diferentes matrices de líneas.

16. Un sistema de radar que comprende una disposición de antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 14.

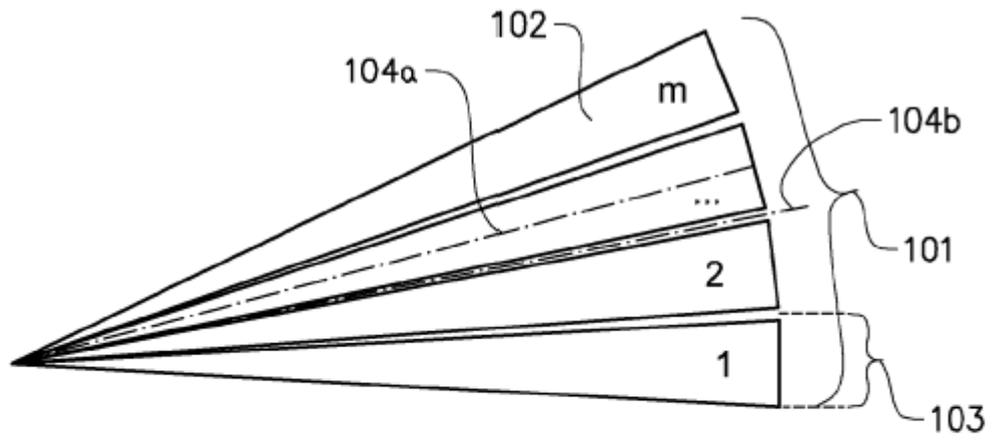


Figura 1a

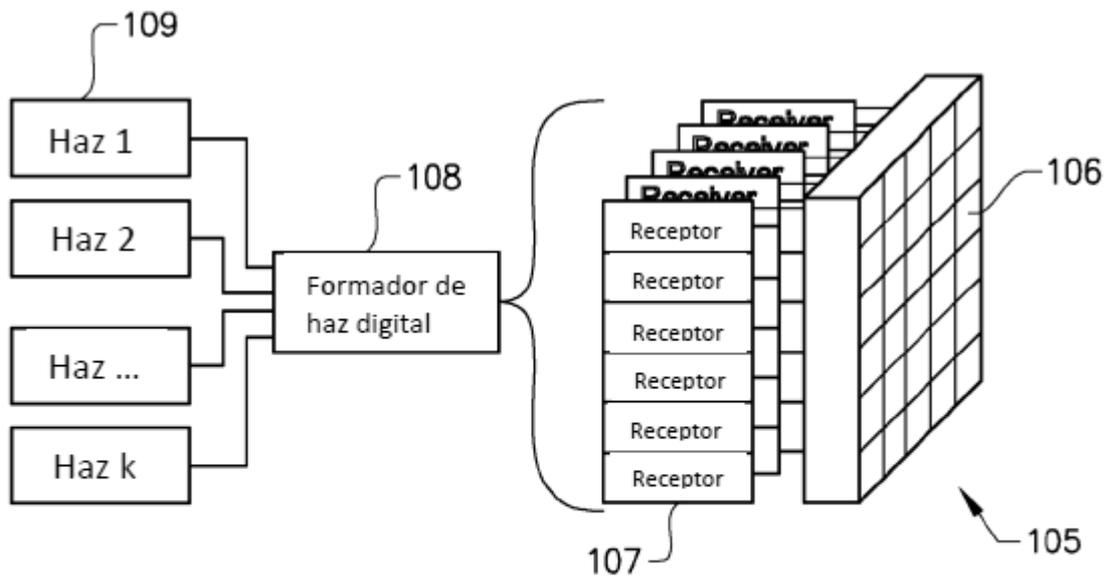


Figura 1b

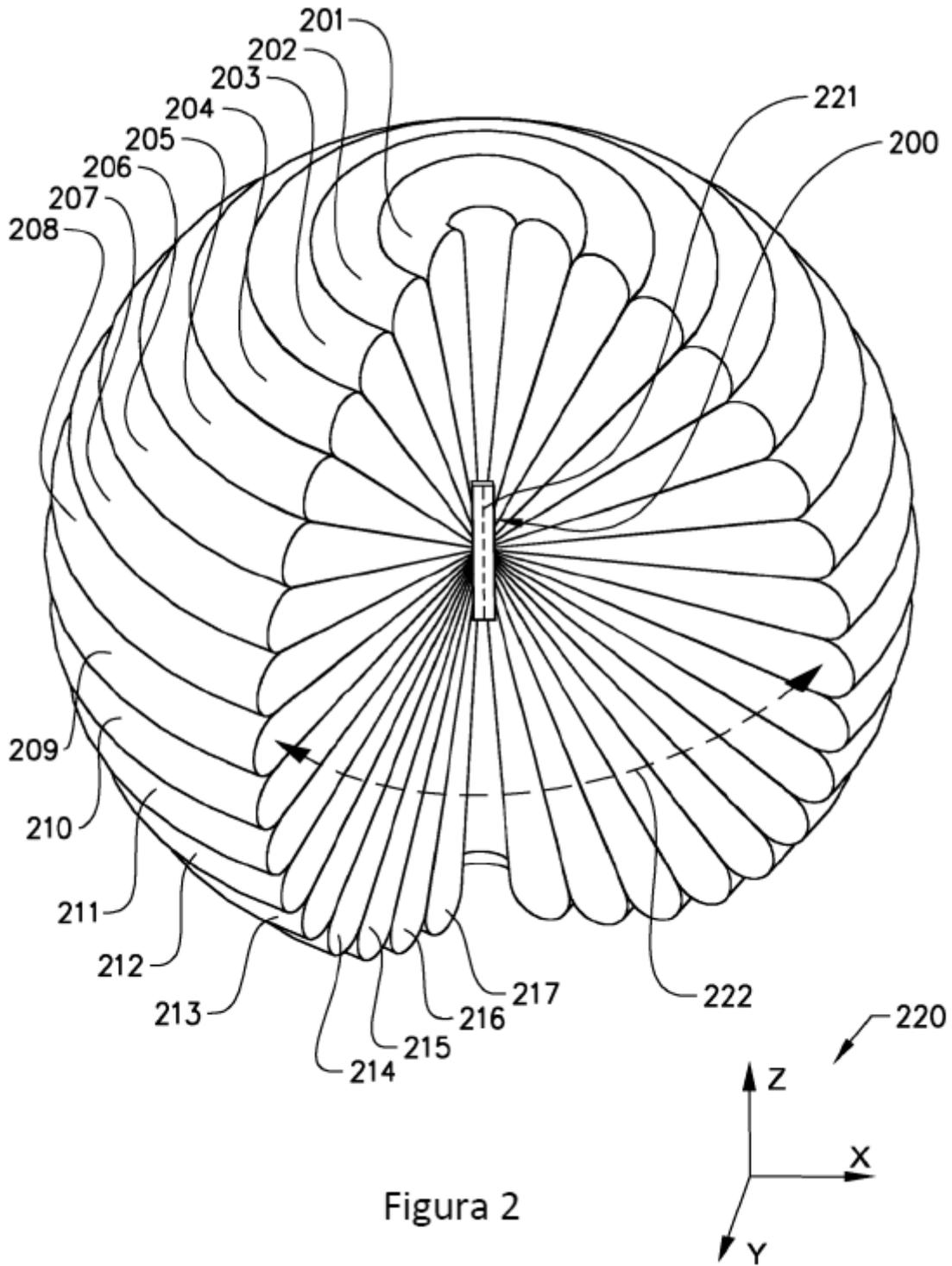
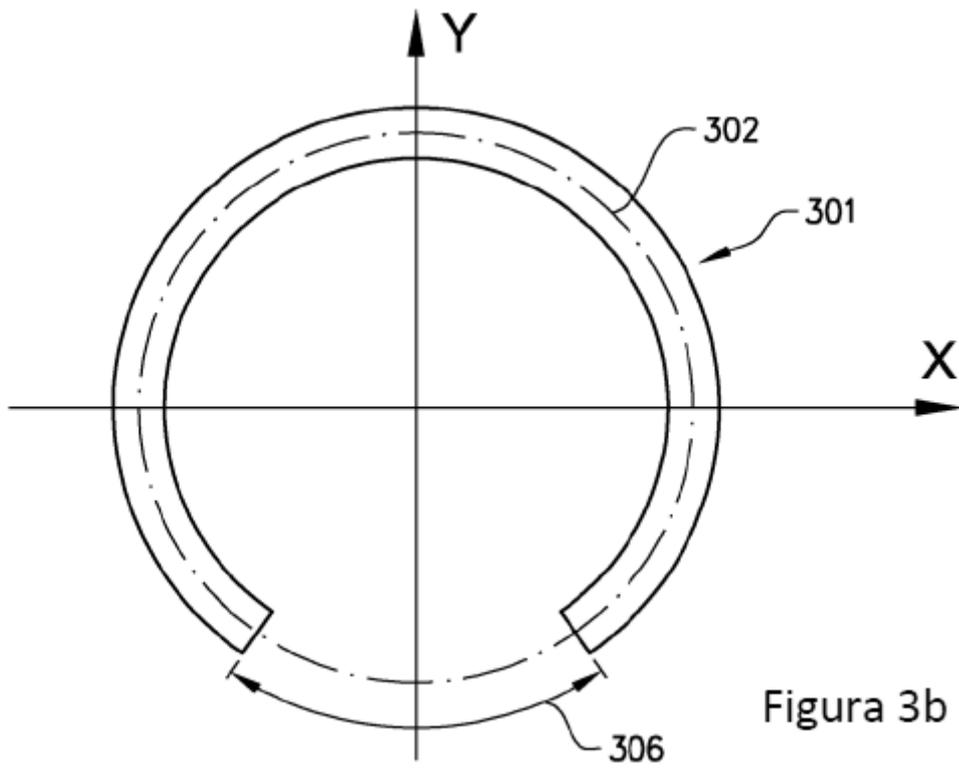
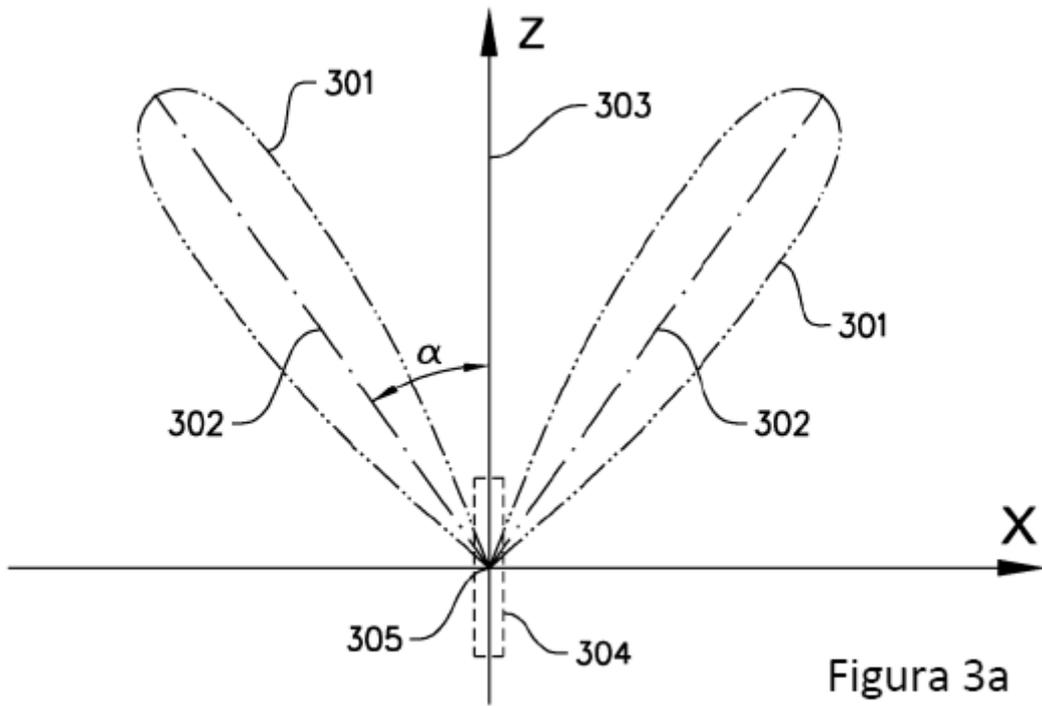


Figura 2



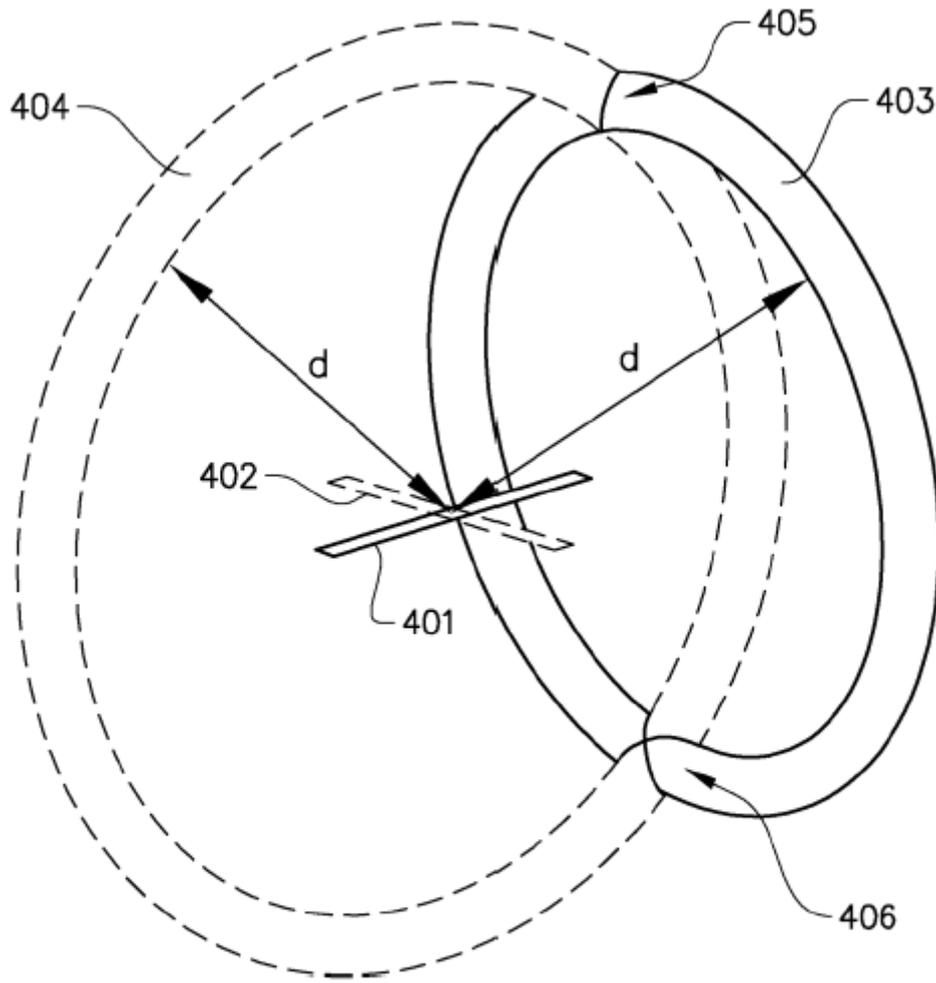


Figura 4

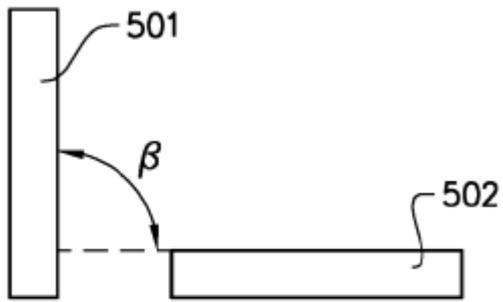


Figura 5a

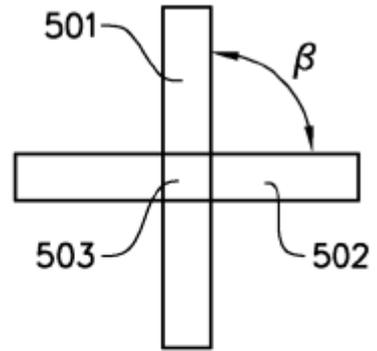


Figura 5b

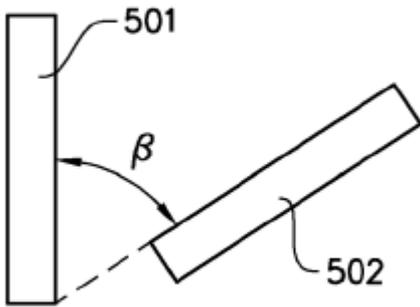


Figura 5c

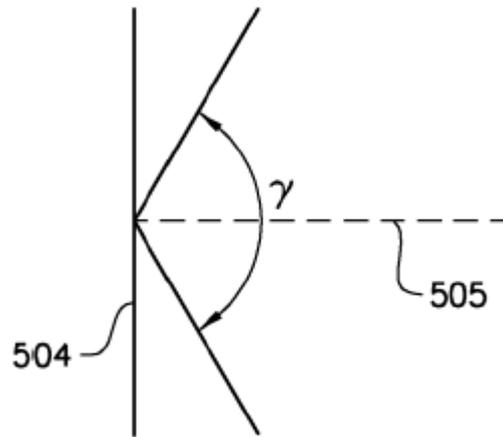


Figura 5d

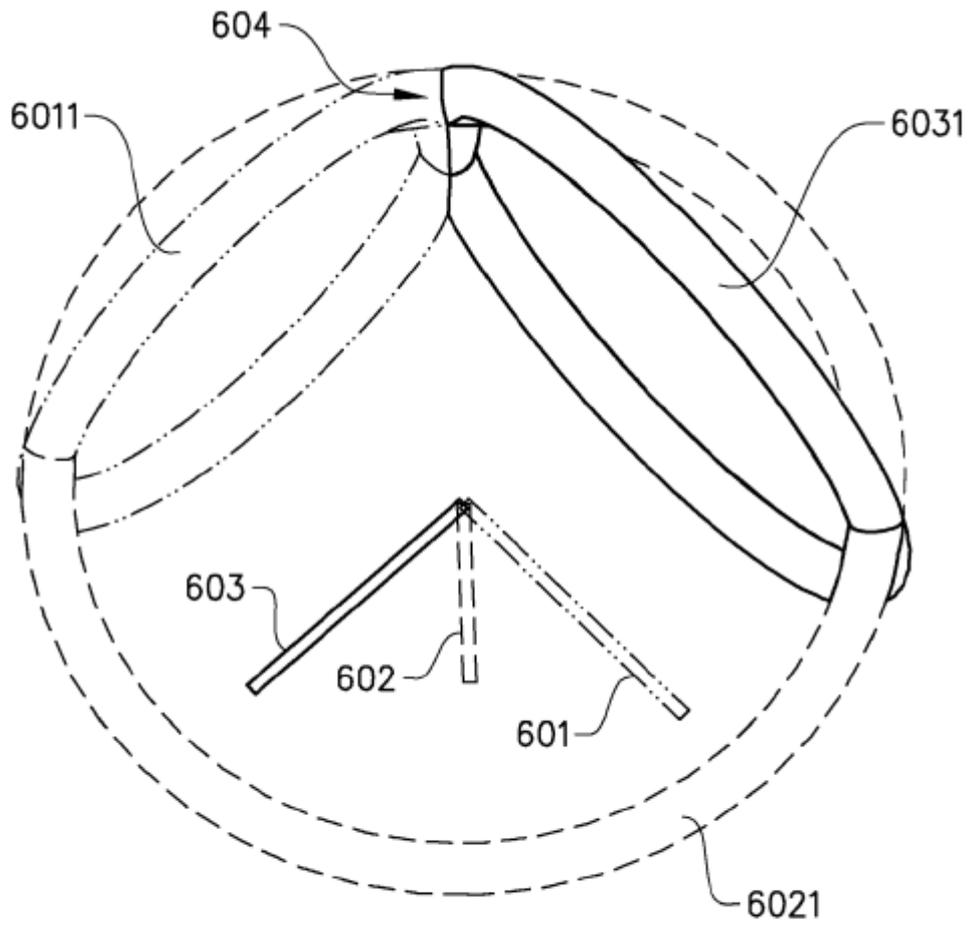


Figura 6

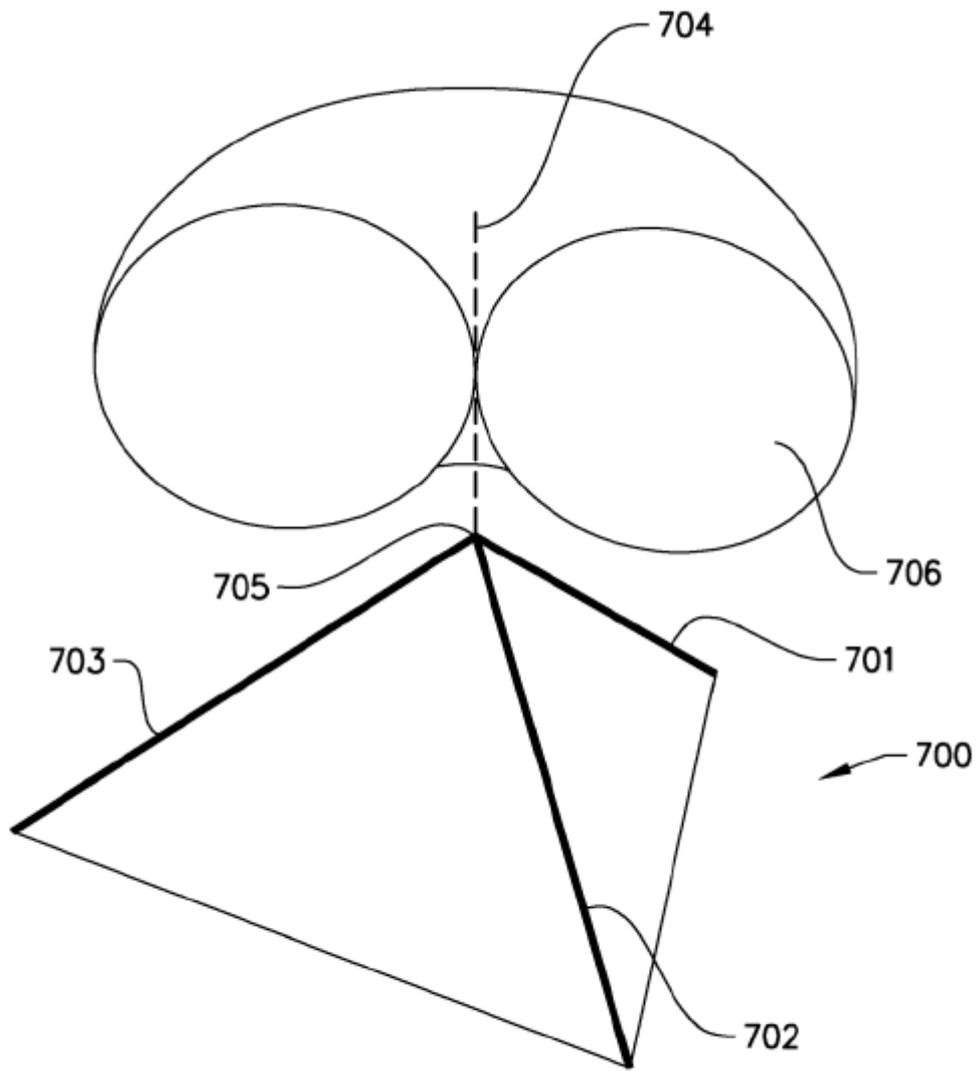


Figura 7

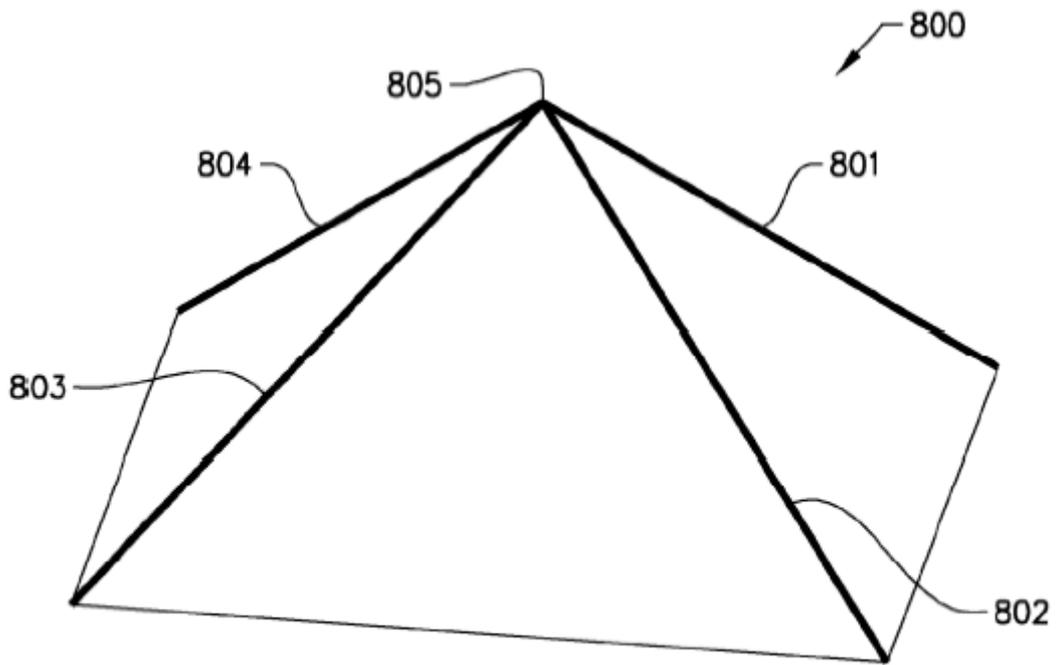


Figura 8

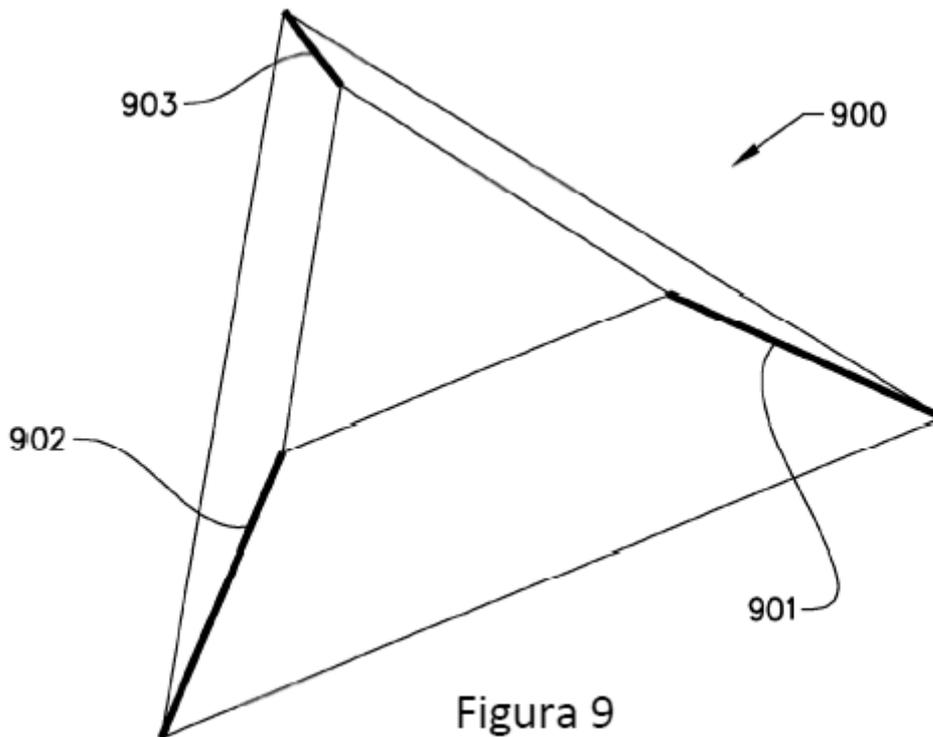


Figura 9

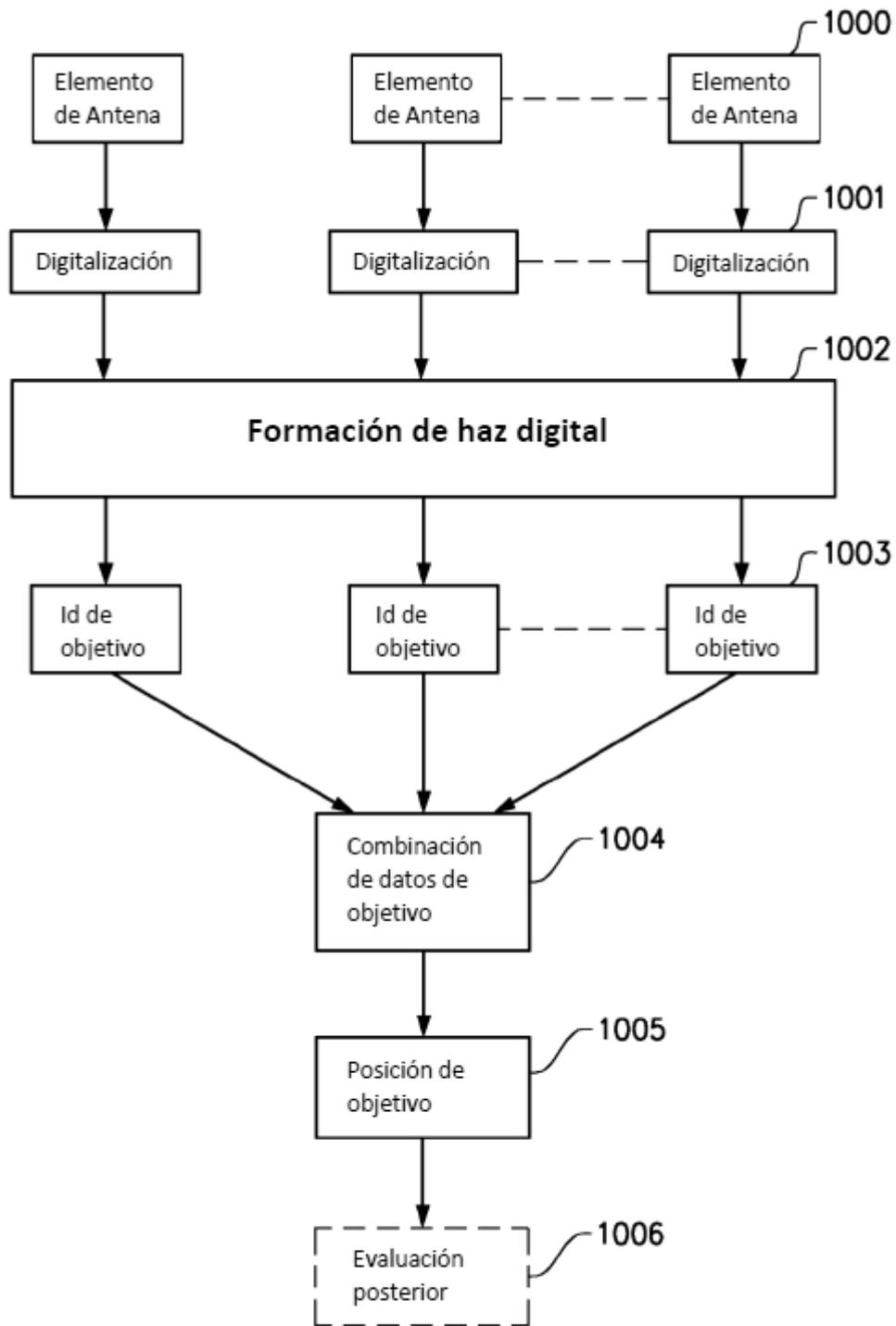


Figura 10