

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 281**

51 Int. Cl.:

G01S 13/44 (2006.01)

G01S 7/28 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

H01Q 9/04 (2006.01)

H01Q 21/00 (2006.01)

H01Q 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2017 PCT/US2017/043110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2018 WO18017855**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2017 E 17746315 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024 EP 3488260**

54 Título: **Patrones de haz rápidos**

30 Prioridad:

21.07.2016 US 201662365288 P

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

22.10.2024

73 Titular/es:

**ECHODYNE CORP. (100.0%)
12112 115th Ave. NE Ste. A
Kirkland, WA 98034, US**

72 Inventor/es:

**DRISCOLL, TOM;
GRAVES, WILLIAM F., JR.;
HUNT, JOHN, DESMOND;
LANDY, NATHAN, INGLE;
LAMBRECHT, CHRISTOPHER, L.;
PERQUE, MILTON y
WORL, ROBERT, TILMAN**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 983 281 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

Patrones de haz rápidos

5 Antecedentes

No ha sido fácil fabricar antenas de alto rendimiento que puedan volver a orientarse en tan solo decenas de nanosegundos.

10 Hace más de un siglo, los diseñadores de antenas idearon métodos para crear antenas de alta ganancia. Una clase típica de antena de alto rendimiento podría utilizar un reflector parabólico. En esta clase de antena, un punto de alimentación de RF estaría ubicado en el foco de la parábola, apuntando hacia el reflector. El tamaño del reflector sería entonces proporcional al tamaño efectivo de la antena, lo que resulta en una mayor ganancia.

15 Volver a orientar dicha antena desde un punto en el cielo hacia otro punto en el cielo requeriría volver a orientar físicamente la antena. Varios factores imponen límites a la rapidez con la que se podría llevar a cabo tal reorientación. Un primer factor, relacionado con el momento de rotación de la antena, es el par disponible en los servomotores que giran la antena. Un segundo factor es que incluso si los servomotores son arbitrariamente fuertes, la antena podría no ser lo suficientemente resistente como para resistir la deformación cuando se acelera. Puede tomar cientos de
20 milisegundos e incluso más de un segundo volver a apuntar una antena reflectora parabólica desde un punto en el cielo hacia otro punto diferente en el cielo.

Hace algunas décadas, se desarrollaron Antenas de Barrido Electrónico (ESA). Con una ESA, muchos elementos de
25 antena individuales se alimentan a través de algún medio que retarda la señal eléctrica a cada uno, típicamente mediante el uso de un desfasador (como en una antena de matriz en fase). Cada elemento de antena se alimenta a través de un respectivo desfasador, que es programable para inyectar una cantidad deseada de retardo (normalmente discretizado en varios bits por desfasador). La tarea de apuntar dicha antena incluye enviar señales de control a los desfasadores para configurar la demora deseada por elemento.

30 Para la transmisión, una señal de RF se inyecta en el puerto común de la antena de matriz en fase y luego se divide y se propaga hacia los desfasadores elementales. Cada desfasador propaga la señal a su respectivo elemento de antena después de aplicar el desfase de fase ordenado a la señal. Por diseño, la energía radiada por cada elemento de antena se suma en el espacio libre para producir un haz, enfocado en una dirección particular. De manera similar,
35 dicha antena puede funcionar como una antena receptora con ganancia en una dirección específica.

En comparación con una antena reflectora parabólica, una antena de matriz en fase ofrece la ventaja de poder volver a orientar el haz simplemente reconfigurando los desfasadores y sin necesidad de volver a orientar físicamente la antena. La antena de matriz en fase tiene la desventaja de coste y complejidad debido a la presencia de cientos o miles de desfasadores (normalmente uno por cada elemento de antena en el conjunto). Cada desfasador en sí mismo
40 también ocupa cierto volumen físico y esto implica que la antena tendrá cierta voluminosidad. Además, las pérdidas inherentes de los desfasadores típicamente requieren que se proporcione una amplificación adicional de la señal en cada elemento, lo que aumenta aún más la complejidad, el consumo de energía y los requisitos de gestión térmica.

45 El tiempo requerido para volver a apuntar dicha antena podría estar en el orden de los 100 nanosegundos (ns) a un microsegundo (μ s) o más.

Con una antena de alta ganancia de un solo haz, por definición, en el momento en que la antena está apuntando en una dirección particular, la antena no está disponible para ser apuntada en ninguna otra dirección particular. A menudo se deseará que una antena barra con dos grados de libertad para buscar puntos de interés en una región. Si se detecta un punto de interés, puede ser necesario examinar más de cerca en la dirección del punto de interés. Con muchas antenas del estado de la técnica, es difícil o incluso imposible continuar monitoreando en otras direcciones de manera que pueda ser entrelazado con un escrutinio más cercano en una dirección particular.

55 Supongamos, para fines de discusión, que se detecta algún punto de interés dentro del campo de visión (FOV) de una antena, definido, por ejemplo, por una dirección desde la cual hay una señal de retorno. Podría ser conveniente hacer oscilar el objetivo de la antena, lo que significa cambiar ligeramente el objetivo de la antena en cada una de varias direcciones, para ver si la intensidad de la señal de retorno aumenta o disminuye. El objetivo es, por supuesto, identificar la dirección específica en la que la señal es más fuerte. Con una antena reflectora parabólica, tal oscilación requiere un movimiento físico de la antena y, por lo tanto, lleva cierto tiempo en estabilizarse. Con una antena de
60 matriz en fase, dicho oscilación no requiere un movimiento físico de la antena, pero aun así lleva cierto tiempo.

Cada antena de alta ganancia, sin importar cuán ingeniosamente diseñada y sin importar cuán cuidadosamente fabricada, genera lóbulos laterales. Para una antena que está transmitiendo, por "lóbulos laterales" se entiende que mientras la mayor parte de la energía de RF se propaga en una dirección particular (la dirección deseada de alta ganancia), parte de la energía también se propaga en otras direcciones. Para una antena que está recibiendo, por

"lóbulos laterales" se entiende que la antena recoge energía de RF no solo desde la dirección de alta ganancia, sino también, en cierta medida, desde otras direcciones.

Resumen

5 Sería muy útil si se pudiera diseñar una antena de alta ganancia que pudiera ser reorientada en un intervalo de tiempo de 100 nanosegundos o menos, siendo este tiempo una fracción del tiempo en el que un radar generalmente "observa" en una dirección determinada. Sería útil si se pudieran idear enfoques para el uso de dicha antena que reduzcan el efecto de los lóbulos laterales. Sería útil si se pudieran idear enfoques para el uso de dicha antena que permitieran una oscilación muy rápida. Sería útil si se pudieran idear enfoques que permitan la intercalación de la monitorización en otras direcciones con un escrutinio más detallado en una dirección particular.

15 Una antena está compuesta por una matriz de elementos de antena, grupos de elementos de antena acoplados de manera ajustable a una señal de referencia común respectiva (onda de referencia). Se definen múltiples patrones de configuraciones de acoplamiento de antenas, cada uno de los cuales da lugar a un lóbulo principal que apunta la antena en una dirección particular, cada patrón también dando lugar a lóbulos laterales respectivos. Las primeras y segundas configuraciones pueden apuntar la antena en la misma dirección, pero con lóbulos laterales no idénticos. Los primeros y segundos patrones pueden ser utilizados en rápida sucesión, el primero para transmitir y el segundo para recibir. De esta manera, la magnitud de los lóbulos laterales en relación al lóbulo principal es mucho menor de lo que sería si uno de los patrones se utilizara tanto para transmitir como para recibir. Alternativamente, los primeros y segundos patrones pueden ser utilizados en rápida sucesión tanto para transmitir, o utilizados en rápida sucesión tanto para recibir. La antena también puede cambiar rápidamente entre patrones en los que el lóbulo principal apunta en una dirección diferente en cada patrón, permitiendo la oscilación del haz o el cambio rápido entre el barrido y el seguimiento.

25 El documento US-A-2006/114155 describe aumentar la apertura efectiva de una antena mediante la multiplexación en el tiempo de patrones de haz submuestreados que tienen diferentes anchos de lóbulo principal, y mitigar los lóbulos de rejilla causados por el submuestreo.

30 El documento US-A-5,781,157 describe la generación simultánea de patrones de haz submuestreados con antenas de transmisión y recepción separadas para mitigar los lóbulos de rejilla.

35 El documento US-A-2011/063158 describe la supresión de lóbulos de rejilla bidireccionales a través de filtrado espacial (filtrado en el ámbito físico) utilizando antenas de transmisión y recepción separadas y activas simultáneamente en un sistema de antena submuestreado.

40 El documento US-A-4,870,424 describe la supresión de lóbulos laterales mediante la rotación de un mismo patrón de haz alrededor de un eje definido por el pico de un lóbulo principal que tiene un ancho de haz simétrico de rotación y polarización circular.

45 El documento US-B-7,081,851 describe la generación simultánea de patrones de haz submuestreados con antenas de transmisión y recepción separadas para mitigar los lóbulos de rejilla.

El documento US-A-2015/318618 describe un sistema de antena que permite la formación rápida de patrones de haz.

50 El documento US-A-2015/288063 describe la formación de un único patrón de haz óptimo para su uso cuando una antena está en línea mediante la combinación efectiva, durante un procedimiento de calibración fuera de línea, de múltiples patrones de haz de componentes.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra un primer patrón de haz, emitido por una antena, según una modalidad.

La Figura 2 muestra una matriz de elementos de antena de una antena, según una modalidad.

La Figura 3 muestra un segundo patrón de haz, emitido por una antena, según una modalidad.

La Figura 4 es una vista lateral y un diagrama eléctrico de un sistema de antena que incluye un circuito de control y una unidad de antena de una antena, la unidad de antena incluye un elemento de antena y un circuito de conmutación para acoplar de manera ajustable una onda de referencia al elemento de antena, según una modalidad.

Descripción detallada

65 Dirigiéndonos primero a la Figura 2, lo que se muestra es un conjunto 18 de elementos de antena 17 de una antena 15, según una modalidad. Los elementos de antena 17 están acoplados a una o más ondas de referencia, omitidas

por claridad en la Figura 2. Cada onda de referencia viaja en una estructura de propagación de ondas, la cual tiene un punto de alimentación conectado a una red que transmite energía de radiofrecuencia hacia y/o desde la antena, el punto de alimentación y la red se omiten por claridad en la Figura 2.

5 La Figura 4 es una vista lateral y un diagrama eléctrico de la unidad de antena 28 de la antena 15 de la Figura 2, una porción de una tira conductora 22 de un medio de transmisión 12 correspondiente a la unidad de antena, y un circuito de control 37 configurado para controlar la unidad de antena. Ejemplos del medio de transmisión 12 incluyen una línea de transmisión y una guía de ondas. Además, el circuito de control 37 puede ser, o puede incluir un circuito de microprocesador o un circuito de microcontrolador configurable con instrucciones de programa, un circuito (por ejemplo, una matriz de compuertas programable en campo (FPGA)) configurable con firmware u otro flujo de datos, un circuito específico de aplicación, o una combinación o subcombinación de dichos circuitos.

15 Una región de acoplamiento 26 puede ser modelada como un elemento de impedancia ajustable concentrado 30, que está acoplado eléctricamente entre la tira conductora 22 y el elemento de antena 17. Una línea de control conductora 32 está directamente acoplada al elemento concentrado 30, o está acoplada indirectamente al elemento concentrado a través del elemento de antena conductora 17 como se muestra. Como se describe a continuación, un controlador 38 del circuito de control 37 está configurado para acoplar y desacoplar selectivamente, hacia y desde el elemento de antena 17, una señal de referencia generada por un generador de señal de referencia 39 del circuito de control y que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12. Por lo tanto, el controlador 38 puede activar y desactivar selectivamente el elemento de antena 17 mediante la generación de una señal de polarización en la línea de control 32, y cambiando selectivamente el nivel de la señal de polarización (por ejemplo, una tensión de polarización) en la línea de control. Además, se puede acoplar en serie un filtro pasa bajos 34 entre el elemento concentrado 30 y el controlador 38 para desacoplar, del controlador, la energía de alta frecuencia de la señal que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12. La señal de referencia puede tener una longitud de onda y frecuencia en las respectivas bandas típicamente reservadas para aplicaciones de radar.

Y la porción de la tira conductora 22 correspondiente a la unidad de antena 28 incluye una brecha 36, que puede ser llenada con el mismo material que forma una capa de acoplamiento 20, y que está configurada para acoplar la señal que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12 a la unidad de antena.

30 Aún con referencia a la Figura 4, durante la operación de la unidad de antena 28 en modo de transmisión, en respuesta a la señal de control en la línea de control 32 que tiene un nivel que desactiva el elemento concentrado 30, la región de acoplamiento 26 presenta una impedancia alta hacia la brecha 36, y por lo tanto bloquea la señal de referencia que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12 desde acoplarse y excitar el elemento de antena 17. Por lo tanto, el elemento de antena 17 irradia poca o ninguna energía.

40 Por el contrario, en respuesta a la señal de control en la línea de control 32 que tiene un nivel que activa el elemento concentrado 30, la región de acoplamiento 26 presenta una impedancia pequeña hacia la brecha 36, y de esta manera acopla la señal que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12 al elemento de antena 17 de manera que la señal excita al elemento de antena. Por lo tanto, el elemento de antena excitado 17 irradia energía a la misma frecuencia o frecuencias que la frecuencia o frecuencias de la señal de referencia que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12. Por ejemplo, cuando el elemento concentrado 30 está activo, la región de acoplamiento 26 está configurada para formar, junto con el elemento de antena 17, un circuito resonante en serie con una frecuencia resonante de aproximadamente f_0 . Como se sabe, a su frecuencia de resonancia, un circuito resonante en serie tiene una impedancia baja, idealmente una impedancia cero. Debido a que la señal que se propaga a lo largo del medio de transmisión 12 tiene una frecuencia (o frecuencias) aproximadamente f_0 , la región 26, cuando el elemento concentrado 30 está activo, presenta una baja impedancia a la señal. Para implementar dicho circuito resonante selectivamente, el elemento concentrado 30 puede ser, o puede incluir, un dispositivo semiconductor, como un transistor de efecto de campo (FET) u otro dispositivo que, cuando se activa, altera la impedancia de la región de acoplamiento 26 de manera que la región de acoplamiento forme, en f_0 , un circuito resonante en serie con el elemento de antena 17, o entre la tira conductora 22 y el elemento de antena.

55 Durante la operación de la unidad de antena 28 en modo de recepción, en respuesta a la señal de control en la línea de control 32 que desactiva el elemento concentrado 30, la región de acoplamiento 26 presenta una impedancia alta hacia la brecha 36, y por lo tanto bloquea una señal (por ejemplo, de una fuente remota de la antena que incluye el elemento 17) incidente en el elemento 17 desde el medio de transmisión 12. Por lo tanto, poca o ninguna energía recibida por el elemento de antena 17 se acopla al medio de transmisión 12, o a un circuito receptor que puede formar parte del circuito de control 37.

60 Por el contrario, en respuesta a la señal de control en la línea de control 32 que tiene un nivel que activa el elemento concentrado 30, la región de acoplamiento 26 presenta una impedancia pequeña hacia la brecha 36, y de esta manera acopla la señal incidente en el elemento de antena 17 al medio de transmisión 12 de manera que la señal recibida se propaga a lo largo del medio de transmisión hacia el circuito de control 37. Por lo tanto, el elemento de antena 17 acopla al medio de transmisión 12 energía a la misma frecuencia o frecuencias que la frecuencia o frecuencias de la señal incidente en el elemento de antena. Por ejemplo, cuando el elemento concentrado 30 está activo, la región de acoplamiento 26 está configurada para formar, junto con el elemento de antena 17, un circuito resonante en serie con

- una frecuencia resonante de aproximadamente f_0 . Como se sabe, a su frecuencia de resonancia, un circuito resonante en serie tiene una impedancia baja, idealmente una impedancia cero. Dado que la señal incidente en el elemento de antena 17 tiene una frecuencia (o frecuencias) aproximadamente f_0 , la región 26, cuando el elemento concentrado 30 está activo, presenta una baja impedancia a la señal. Para implementar dicho circuito resonante selectivamente, el elemento concentrado 30 puede ser, o puede incluir, un dispositivo semiconductor, como un transistor de efecto de campo (FET) u otro dispositivo que, cuando se activa, altera la impedancia de la región de acoplamiento 26 de manera que la región de acoplamiento forme, en f_0 , un circuito resonante en serie con el elemento de antena 17, o entre la tira conductora 22 y el elemento de antena.
- Aún con referencia a las Figuras 2 y 4, aunque solo se describe una unidad de antena 28, todas las demás unidades de antena 28 de la antena 15 pueden tener la misma estructura y funcionar de la misma manera que la unidad de antena 28 descrita.
- Se pueden encontrar más detalles de la antena 15 y las unidades de antena 28 en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos Núm. 14/506,432, titulado Surface Scattering Antennas With Lumped Elements, que fue presentado el 03 de octubre de 2014.
- Aún con referencia a la Figura 4, en otra modalidad, un circuito de conmutación está configurado para acoplar de manera ajustable un elemento de antena 17 con el medio de transmisión 12. En este circuito de conmutación ilustrativo, el circuito de control 37 está configurado para enviar señales digitales a una matriz de interruptores FET en cada uno de los sitios de los elementos de antena. En cada sitio de elemento, el interruptor FET actúa como un circuito de acoplamiento de RF. De esta manera, el elemento de antena 17 puede estar a veces acoplado con el medio de transmisión 12 y otras veces no estará acoplado con el medio de transmisión.
- Aun con referencia a la Figura 4, se apreciará que el tiempo de conmutación para dicho circuito de acoplamiento puede ser tan rápido como 50 nanosegundos, e incluso tan rápido como 25 nanosegundos, o incluso tan rápido como 14 nanosegundos. Por lo tanto, dicho circuito de acoplamiento (por ejemplo, la estructura de acoplamiento descrita anteriormente en conjunto con la Figura 4 o el circuito de conmutación descrito anteriormente) permite volver a orientar rápidamente la antena desde un punto en el espacio a otro punto en el espacio, por ejemplo, en el orden de decenas de nanosegundos.
- Por comparación, una antena de matriz en fase heredada podría tardar hasta cientos de microsegundos en ser reorientada desde un punto en el espacio hacia un punto diferente en el espacio. Y en comparación, una antena reflectora parabólica podría tardar cientos de milisegundos (o incluso más) en ser reorientada y estabilizarse en la nueva dirección apuntada.
- En una modalidad ilustrativa, cada elemento de antena 17 se controla con un bit por elemento, es decir, el elemento está o bien fuertemente acoplado con el medio de transmisión 12 o está débilmente acoplado, o completamente desacoplado, con el medio de transmisión. Se apreciará, sin embargo, que, con un circuito de acoplamiento adecuado, el control puede ser más de un bit por elemento. Con más de un bit por elemento, el acoplamiento puede ser un acoplamiento complejo ajustable con una amplitud seleccionada según los bits de control. En este contexto, el término "acoplado de forma ajustable" se refiere no solo a un bit por elemento de antena, sino a más de un bit por elemento de antena.
- Reducción de los efectos no deseados de los lóbulos laterales. Como se discutirá a continuación con mayor detalle, con la antena de la Figura 2, se definen múltiples patrones de configuraciones de acoplamiento de antena, cada uno de los cuales da lugar a un lóbulo principal que apunta la antena en una dirección particular, cada patrón también dando lugar a lóbulos laterales respectivos.
- Las primeras y segundas configuraciones pueden apuntar la antena en la misma dirección, pero con lóbulos laterales no idénticos. La Figura 1 muestra un primer patrón de haz, emitido por una antena 15 de acuerdo con una modalidad, en un momento en el que está en efecto un primer patrón particular de acoplamientos de elementos de antena. El patrón de haz tiene un lóbulo principal 42 y lóbulos laterales 44 y 46. La Figura 1 muestra solo un grado de libertad, es decir, el ángulo de propagación dentro de un plano particular. Se apreciará que la antena 15, más o menos plana, realmente propaga energía de RF al espacio con dos grados de libertad, lo que permite la propagación en un volumen de espacio. En una modalidad ilustrativa, la antena 15 tiene un amplio campo de visión, específicamente ± 50 grados en azimut (AZ) y ± 45 grados en elevación (EL). Así, un patrón de haz real tendrá lóbulos en cualquiera de dos grados de libertad diferentes con respecto a un lóbulo principal.
- La Figura 3 muestra un segundo patrón de haz, emitido por la antena 15 según una modalidad, en un momento en el que está en efecto un segundo patrón particular de acoplamientos de elementos de antena. El patrón de haz tiene un lóbulo principal 48 y lóbulos laterales 50, 52. Como se muestra en la Figura 1, se entiende que la representación de la Figura 3 muestra únicamente ángulos de propagación dentro de un plano particular.
- El primer patrón de la Figura 1 y el segundo patrón de la Figura 2 pueden ser utilizados en rápida sucesión, por ejemplo, el primero para transmitir y el segundo para recibir. Considera la consecuencia del lóbulo lateral de este

enfoque. En un momento de transmisión, la energía de RF de los lóbulos laterales se propaga en el espacio en las direcciones de los lóbulos 44, 46 (Figura 1). Poco después, en un momento de recepción, la sensibilidad del lóbulo lateral de la antena se encuentra en las direcciones de los lóbulos 50, 52 (Figura 3). Si parte de la energía transmitida debido a los lóbulos 44, 46 fuera reflejada de vuelta a la antena 15 desde algún punto en el campo de visión, esta energía reflejada no se acopla especialmente bien con los lóbulos de recepción 50, 52. De esta manera, el desorden de los lóbulos laterales en relación con el nivel de señal del lóbulo principal es mucho menor de lo que sería el caso si se utilizara un solo patrón tanto para transmitir como para recibir.

Una forma de modelar la reducción del desorden de lóbulo lateral debido a este enfoque es expresar uno o más de los lóbulos laterales 44, 46 (Figura 1) como un primer vector y expresar uno o más de los lóbulos laterales 50, 52 como un segundo vector, y tomar el producto punto de los dos vectores. En la medida en que los lóbulos laterales 44, 46 sean aproximadamente ortogonales a los lóbulos laterales 50, 52, respectivamente, los productos punto serán pequeños o cero, y, por lo tanto, la contribución de los lóbulos laterales al ruido de fondo en la señal del lóbulo principal será pequeña. Además, tal ortogonalidad no necesita estar en el plano de la Figura 1 o en el plano de la Figura 3, sino que puede estar en cualquier otro plano o planos que intersequen los ejes longitudinales de los respectivos pares de lóbulos laterales.

En una aplicación de barrido y obtención de imágenes de radar, un enfoque típico sería configurar la antena 15 (Figuras 1 y 3) con un primer patrón de elementos de antena (por ejemplo, el patrón de la Figura 1) y emitir una señal de RF al espacio. Entonces, la antena 40 estaría configurada con un segundo patrón de elemento de antena (por ejemplo, el patrón de la Figura 3), este segundo patrón seleccionado porque tiene un lóbulo principal 48 sustancialmente idéntico al del primer patrón, pero tiene lóbulos laterales no idénticos 50 y 52 en comparación con el primer patrón. (Como se mencionó anteriormente, sería especialmente favorable si se pudiera encontrar un segundo patrón que tuviera lóbulos laterales casi ortogonales en relación al primer patrón, pero las modalidades ofrecen beneficios incluso si los lóbulos laterales del segundo patrón son simplemente diferentes en dirección, aunque no sean ortogonales, que los respectivos lóbulos laterales del primer patrón.) La antena 15 ha sido configurada con el segundo patrón, los circuitos de RF, se cambia del modo de transmisión al modo de recepción, y el sistema "escucha" cualquier eco del campo de visión. La antena 15 también podría utilizar simultáneamente un primer patrón para transmitir y un segundo patrón para recibir cuando opera en modo de onda continua, modulada en frecuencia (FMCW).

En una aplicación de barrido y obtención de imágenes de radar, el campo de visión puede dividirse en píxeles, cada uno de los cuales corresponde aproximadamente al ancho del haz de un lóbulo principal como se discutió anteriormente. Para un primer píxel, se definen dos patrones de elementos de antena como se describe anteriormente y se utilizan para transmitir y recibir con respecto a ese píxel. A continuación, se selecciona un segundo píxel y se utilizan dos patrones de elementos de antena que tienen lóbulos principales en la dirección de ese segundo píxel y diferentes patrones de lóbulos laterales (por ejemplo, ortogonales), como se describe anteriormente. Este proceso se repite para todos los píxeles en el campo de visión. De esta manera, el campo de visión se imagina con una contribución de desorden de lóbulo lateral que es menor de lo que sería en caso contrario.

Otra forma de utilizar una antena según una modalidad es utilizar los primeros y segundos patrones descritos anteriormente en rápida sucesión, ambos para transmitir. La energía de RF habrá sido propagada en el espacio de tal manera que permite que los lóbulos principales de los dos patrones se refuercen mutuamente, mientras que los lóbulos laterales de los dos patrones envían energía de RF en direcciones no idénticas. El sistema de antena puede luego ser cambiado al modo de recepción, y la energía reflejada puede ser detectada.

Otra forma de utilizar una antena según una modalidad es utilizar los primeros y segundos patrones descritos anteriormente en rápida sucesión, ambos para recibir. En modo de recepción, el sistema de antena detecta la energía de RF recibida de manera que los lóbulos principales de los dos patrones se refuerzan entre sí, mientras que los lóbulos laterales de los dos patrones reciben energía de RF desde direcciones no idénticas. La antena podría funcionar como un receptor pasivo en el cual la contribución del desorden de lóbulo lateral es menor de lo que sería en otro caso.

Otra forma de utilizar una antena según una modalidad es transmitir y detectar energía reflejada de forma simultánea cuando se opera en modo FMCW. En un ejemplo de aplicación en modo FMCW, el patrón del elemento de antena para un píxel de iluminación dado cambiaría en intervalos específicos (aperiódicos) durante una operación simultánea de transmisión y recepción. Esto permitiría, a través de la integración de una serie de señales secuenciales o no secuenciales, que la energía proveniente del objetivo (en dirección del haz principal) se sume constructivamente mientras que la energía proveniente del ruido se sume destructivamente.

Se apreciará así que lo que se ha descrito son modalidades de métodos para su uso con una antena 15 que comprende una matriz de elementos de antena 17, la antena para su uso en una banda de frecuencia que tiene una longitud de onda en el espacio libre, los elementos de antena están espaciados más cerca entre sí que la longitud de onda en el espacio libre (por ejemplo, cada elemento de antena está separado de sus elementos de antena vecinos más cercanos por no más de $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda en el espacio libre). Los elementos de antena 17 están acoplados de manera ajustable con uno o más puntos de alimentación con una o más ondas de referencia a través del medio de transmisión 12. La antena 15 se utiliza con respecto a una multiplicidad de patrones de radiación y recepción, cada patrón define

estados de acoplamiento de los elementos de antena 17. Como primer paso, se utiliza la antena 15 con respecto a un primer patrón que produce un lóbulo principal 42 en una dirección particular y un lóbulo más pequeño 44 en una primera dirección diferente de la dirección particular, el lóbulo principal 42 y el lóbulo más pequeño 44 en la primera dirección definen una primera relación de magnitud entre el lóbulo principal y el lóbulo lateral, lo que resulta en un primer resultado. Como segundo paso, la antena 15 se utiliza con respecto a un segundo patrón que produce un lóbulo principal 48 en una dirección específica y un lóbulo más pequeño 50 en una segunda dirección diferente de la dirección específica y diferente de la primera dirección. El lóbulo principal 48 y el lóbulo más pequeño 50 en la segunda dirección definen una segunda relación de magnitud entre el lóbulo principal y el lóbulo lateral, lo que resulta en un segundo resultado. Dicho de otra manera, el lóbulo más pequeño 44 apunta en una dirección diferente al lóbulo más pequeño 50. El primer resultado y el segundo resultado se combinan, dando como resultado un resultado combinado. Esta combinación se lleva a cabo de manera inherente mediante los diferentes patrones, multiplicando efectivamente el primer resultado y el segundo resultado. Se pretende que el resultado combinado tenga una relación de magnitud de lóbulo principal a lóbulo lateral más favorable que tanto la primera relación de magnitud de lóbulo principal a lóbulo lateral como la segunda relación de magnitud de lóbulo principal a lóbulo lateral.

El paso de emplear la antena 15 con respecto al primer patrón puede producir no solo el lóbulo más pequeño 44 en la primera dirección, sino también puede producir un lóbulo más pequeño 46 en otra dirección diferente a la dirección del lóbulo principal u otros lóbulos más pequeños. La primera relación de magnitud entre el lóbulo principal y el lóbulo lateral puede definirse con respecto no solo al lóbulo principal y al lóbulo más pequeño en la primera dirección, sino también con respecto a otros lóbulos más pequeños en otras direcciones.

De igual manera, el paso de emplear la antena 15 con respecto al segundo patrón puede generar no solo el lóbulo más pequeño 50 en la segunda dirección, sino también puede generar un lóbulo más pequeño 52 en otra dirección diferente a la dirección del lóbulo principal u otros lóbulos más pequeños. La primera relación de magnitud entre el lóbulo principal y el lóbulo lateral puede definirse con respecto no solo al lóbulo principal y al lóbulo más pequeño en la segunda dirección, sino también con respecto a otros lóbulos más pequeños en otras direcciones.

Transmitir y recibir. Un caso de uso para el uso secuencial de un primer patrón y un segundo patrón es transmitir y luego recibir. En este caso de uso, el primer paso de empleo comprende la transmisión de energía de radiofrecuencia, y el segundo paso de empleo comprende la recepción de energía de radiofrecuencia.

Un caso de uso relacionado es un caso en el que el primer paso de empleo comprende la transmisión de energía de radiofrecuencia y la recepción de energía de radiofrecuencia, y el segundo paso de empleo comprende la transmisión de energía de radiofrecuencia y la recepción de energía de radiofrecuencia.

Caso de uso de receptor pasivo. En otro caso de uso, el sistema de antena se emplea como receptor pasivo. En tal caso, se interroga un punto en el campo de visión utilizando un primer patrón y luego se interroga utilizando un segundo patrón, minimizando así las contribuciones de los lóbulos laterales a la señal recibida en comparación con las contribuciones de los lóbulos principales a la señal recibida.

Oscilación. Cuando un sistema de antena recibe una señal (por ejemplo, una señal reflejada), este evento no necesariamente significa que el lóbulo principal de la antena esté apuntando directamente al punto en el espacio que ha dado origen a la señal recibida. A menudo será conveniente "hacer oscilar" el haz mediante pequeños movimientos angulares en dos grados de libertad, por ejemplo, AZ y EL. El objetivo de la oscilación es determinar el ángulo AZ particular y el ángulo EL particular que produzcan la señal más fuerte captada. La oscilación típicamente representará excursiones con pequeños movimientos angulares positivos y negativos en dos grados de libertad, recopilando valores de intensidad de señal para al menos cuatro, y tal vez seis u ocho, puntos en el espacio que rodean el punto en el espacio desde el cual se recibió la señal captada.

Con muchos diseños de antenas de matriz en fase heredados, volver a orientar una antena con fines de oscilación lleva cientos de nanosegundos e incluso un microsegundo o más. Una oscilación con, digamos, cuatro excursiones, consumiría algunos microsegundos o más de tiempo el tiempo de volver a orientar. Una antena reflectora parabólica podría tardar un segundo o más en llevar a cabo una oscilación con cuatro excursiones.

Con el sistema de antena tal como se describe en la presente descripción, el tiempo el tiempo de volver a orientar de la antena es solo de algunas decenas de nanosegundos, por lo que una oscilación con cuatro excursiones solo consumiría algunas decenas o unos pocos cientos de nanosegundos. En un sistema de Onda Continua, la capacidad de hacer oscilar rápidamente el lóbulo principal permite al sistema identificar la velocidad de un objeto de interés sin riesgo de pérdida de seguimiento.

Barrido entrelazado con examen detallado de un punto de interés. Como se mencionó anteriormente, en una aplicación de barrido y obtención de imágenes, el campo de visión de un sistema de antena puede dividirse en una multiplicidad de píxeles. La antena puede apuntar hacia cada uno de los píxeles uno por uno, permitiendo desarrollar una imagen del campo de visión.

5 El objetivo de la imagen es, por supuesto, descubrir puntos de interés dentro del campo de visión desde el cual se recibe energía de radiofrecuencia. La energía de RF puede ser energía reflejada (proveniente de una señal transmitida anteriormente desde la antena) o la antena puede estar actuando como un receptor pasivo. En cualquier caso, una vez que se descubre un punto de interés, puede ser deseable intercalar dos actividades, específicamente, un examen más dirigido del punto de interés como primera actividad, y un barrido continuo del campo de visión como segunda actividad.

10 Con muchos sistemas de antenas heredados, tal actividad entrelazada simplemente no es práctica e incluso puede ser imposible. El sistema de antena no es lo suficientemente "ágil" como para saltar de un ajuste de antena que permite el barrido, por un lado, a un ajuste de antena que permite un examen detallado de un punto en particular, por otro lado. Es necesario con muchos de estos sistemas elegir una actividad (barrido) u otra (examen minucioso), pero no ambas, para llevar a cabo en un momento determinado.

15 Con algunos otros sistemas de antenas heredados, puede haber cierto grado limitado en el que se pueda intentar algún entrelazamiento. Con dichos sistemas de antena, el tiempo dedicado a volver a orientar la antena es tiempo en el que no se puede llevar a cabo la recogida de datos. Como mínimo, esto da lugar a una pérdida de ancho de banda potencial para la recogida de datos. Con una antena de matriz en fase heredada, como se mencionó anteriormente, el tiempo el tiempo de volver a orientar puede ser superior a un microsegundo.

20 Como se describirá a continuación, dada la rápida velocidad el tiempo de volver a orientar disponible con el sistema descrito en la presente descripción, tal entrelazado de barrido y examen no solo es posible, sino que puede llevarse a cabo de manera muy eficiente, con poco o ninguna pérdida de ancho de banda de recogida de datos.

25 En cuanto a la oscilación y en cuanto al barrido entrelazado y la inspección, se puede apreciar una capacidad común, específicamente, volver a orientar con éxito la antena en solo unas pocas decenas de nanosegundos en lugar de cientos de nanosegundos o más de un microsegundo para los diseños de antena antiguos.

30 Esta capacidad común puede ser ilustrada por un método para usar con una antena 15 que comprende una matriz de elementos de antena 17, la antena para usar en una banda de frecuencia que tiene una longitud de onda en el espacio libre, los elementos de antena 17 espaciados más cerca entre sí que la longitud de onda en el espacio libre. Los elementos de antena 17 están acoplados de manera ajustable con respecto a uno o más puntos de alimentación. La antena 15 se utiliza con respecto a una multiplicidad de patrones, cada patrón define estados de acoplamiento de los elementos de antena 17.

35 En dicho método, la antena 15 se configura de acuerdo con los estados de acoplamiento del primer patrón, y se utiliza la antena en un primer momento. La antena 15 se vuelve a orientar, lo que significa configurar la antena de acuerdo con los estados de acoplamiento del segundo patrón. Se utiliza entonces la antena en un segundo momento. El intervalo el tiempo de volver a orientar no es superior a 50 nanosegundos, y puede ser tan corto como 25 nanosegundos, e incluso tan corto como 14 nanosegundos.

40 El uso de la antena por primera vez puede comprender la recepción de energía de radiofrecuencia. El uso de la antena en el segundo momento también puede comprender la recepción de energía de radiofrecuencia. El uso de la antena en el segundo momento puede constituir una excursión de oscilación en relación al uso de la antena en el primer momento. Alternativamente, el uso de la antena en el segundo momento puede constituir una actividad de barrido dentro del campo de visión y el uso de la antena en el primer momento puede constituir un examen detallado de un punto particular en el campo de visión.

50 El lector atento no tendrá dificultad en idear una multitud de variantes y mejoras sobre las modalidades descritas, sin apartarse del alcance de la descripción tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

55 Por ejemplo, aunque los lóbulos laterales 44 y 50 se describen como emanando aproximadamente desde la misma ubicación (por ejemplo, la ubicación central) de la antena 15 como los lóbulos principales 42 y 48, respectivamente, los lóbulos laterales pueden emanar desde una ubicación aproximadamente igual que es diferente de las ubicaciones desde las cuales los haces principales 42 y 48 emanan. Una modalidad alternativa similar se aplica a los lóbulos laterales 46 y 52. Además, los lóbulos principales 42 y 48 pueden emanar desde ubicaciones respectivas que no sean aproximadamente el centro de la antena 15, al igual que los lóbulos laterales 44, 46, 50 y 52. Además, todas estas múltiples variantes y mejoras se pretende que estén comprendidas dentro de las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de antena, que comprende:

5 una antena (15) que tiene elementos de antena (17); y
un circuito de control (37) configurado

10 para activar un primer grupo de elementos de antena (17) durante un primer tiempo para hacer que la antena (15) genere un primer patrón de haz que incluye un primer lóbulo principal (42) que tiene una dirección de lóbulo principal y que tiene un ancho de haz de lóbulo principal, e incluye un primer lóbulo lateral (44) que tiene una dirección del primer lóbulo lateral, y
15 para activar un segundo grupo de elementos de antena (17) durante un segundo tiempo para hacer que la antena (15) genere un segundo patrón de haz que es diferente al primer patrón de haz, el segundo patrón de haz incluye un segundo lóbulo principal (48) que tiene aproximadamente la dirección del lóbulo principal y que tiene aproximadamente el ancho del haz del lóbulo principal, e incluye un segundo lóbulo lateral (50) que tiene una segunda dirección de lóbulo lateral que es diferente a la dirección del primer lóbulo lateral, en donde:
20 la antena (15) incluye un medio de transmisión (12) que tiene un conductor (22) con espacios (36) respectivamente adyacentes a los elementos de la antena (17), y
el circuito de control (37) está configurado

25 para activar el primer grupo de elementos de antena (17) mediante la reducción de una impedancia respectiva entre cada elemento de antena (17) en el primer grupo y uno respectivo de los espacios (36), y
para activar el segundo grupo de elementos de antena (17) mediante la reducción de una impedancia respectiva entre cada elemento de antena (17) en el segundo grupo y uno de los espacios (36) respectivos.

2. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde:

30 el primer lóbulo principal (42) emana desde una ubicación del lóbulo principal de la antena (15);
el segundo lóbulo principal (48) emana aproximadamente desde la ubicación del lóbulo principal;
el primer lóbulo lateral (44) emana desde una dirección del primer lóbulo lateral de la antena (15); y
35 el segundo lóbulo lateral (50) emana aproximadamente desde la ubicación del primer lóbulo lateral.

3. El sistema de antena de la reivindicación 2, en donde el circuito de control (37) está configurado, además:

40 para activar el primer grupo de elementos de antena (17) durante el primer tiempo para hacer que la antena (15) genere el primer patrón de haz que incluye un tercer lóbulo lateral (46) que tiene una dirección de tercer lóbulo lateral y que emana desde una ubicación del segundo lóbulo lateral de la antena (15); y
para activar el segundo grupo de elementos de antena (17) durante el segundo tiempo para hacer que la antena (15) genere el segundo patrón de haz que incluye un cuarto lóbulo lateral (52) que tiene una dirección del cuarto lóbulo lateral que es diferente de la dirección del tercer lóbulo lateral y que emana aproximadamente desde la ubicación del segundo lóbulo lateral.

4. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde la dirección del segundo lóbulo lateral es aproximadamente ortogonal a la dirección del primer lóbulo lateral.

5. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde el circuito de control (37) está configurado, además:

50 para desactivar el primer grupo de elementos de antena (17) antes de activar el segundo grupo de elementos de antena (17); y
para activar el segundo grupo de elementos de antena (17) de manera que la antena (15) genere el segundo patrón de haz dentro de 250 nanosegundos después de que el circuito de control desactive el primer grupo de elementos de antena (17).

6. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde:

60 el circuito de control (37) está configurado para generar una señal de referencia que tiene una longitud de onda y para acoplar la señal de referencia al medio de transmisión (12); y
cada elemento de antena (17) está separado de otro elemento de antena (17) más cercano por una distancia que es menor que la mitad de la longitud de onda.

7. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde el circuito de control (37) está configurado:

65

para acoplar una señal de referencia al medio de transmisión (12) durante uno del primer tiempo y el segundo tiempo; y
para recibir una señal del medio de transmisión (12) durante uno del primer tiempo y el segundo tiempo.

- 5 8. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde el circuito de control (37) está configurado para acoplar una señal de referencia al medio de transmisión (12) durante el primer tiempo y durante el segundo tiempo.
9. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde el circuito de control (37) está configurado para recibir una señal del medio de transmisión (12) durante el primer tiempo y durante el segundo tiempo.
- 10 10. El sistema de antena de la reivindicación 1, en donde el circuito de control (37) está configurado:
para generar una señal de referencia; y
para acoplar la señal de referencia al medio de transmisión (12).
- 15

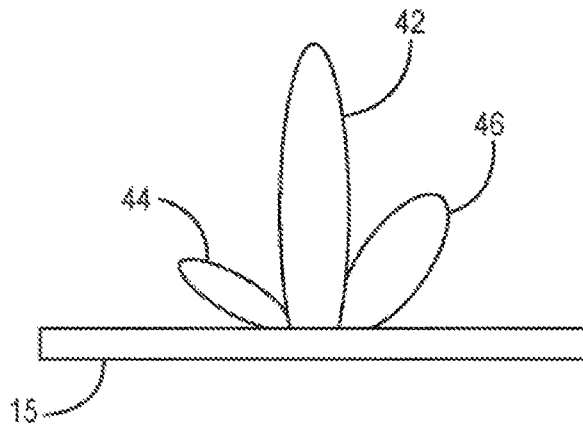


FIGURA 1

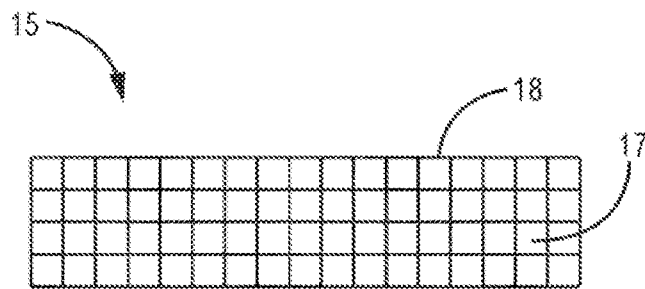


FIGURA 2

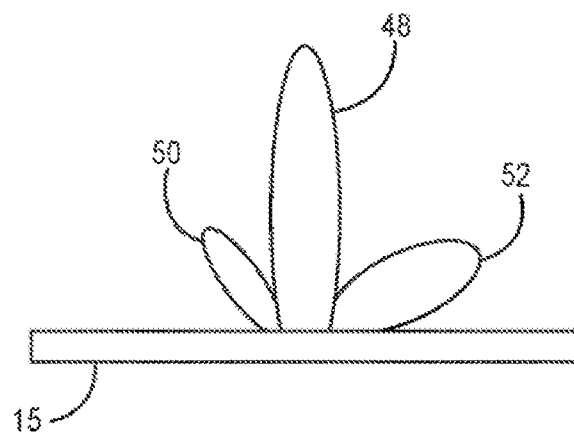


FIGURA 3

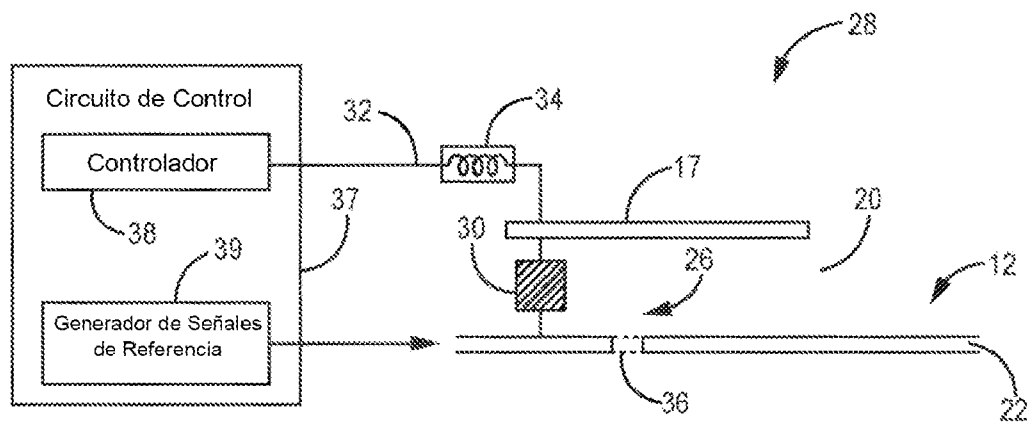


FIGURA 4