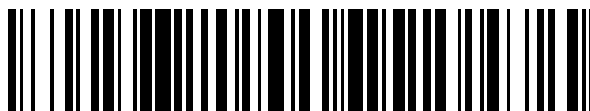


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 590**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/06** (2006.01)

**G01S 13/28** (2006.01)

**H01Q 21/08** (2006.01)

**H01Q 21/24** (2006.01)

**H01Q 21/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2007 E 07701374 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 1989570**

54 Título: **Aparato de vigilancia y método**

30 Prioridad:

**17.01.2006 AU 2006900219**

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

**06.10.2016**

73 Titular/es:

**TELEDYNE AUSTRALIA PTY LTD. (100.0%)  
C/O. HOPGOODGANIM LAWYERS LEVEL 8  
WATERFRONT PLACE 1 EAGLE STREET  
BRISBANE, QLD 4000, AU**

72 Inventor/es:

**LONGSTAFF, DENNIS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 585 590 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**

Aparato de vigilancia y método

**Antecedentes de la invención**

**Campo de la invención**

5 La presente invención versa sobre un aparato de vigilancia. En particular, aunque no exclusivamente, la presente invención versa sobre sistemas de radar, incluyendo los sistemas de radar de conjuntos de antenas en fase.

**Discusión de la técnica anterior**

10 Los principios de los conjuntos de antenas en fase se vienen utilizando en varios campos, incluyendo las telecomunicaciones (por ejemplo, estaciones emisoras de AM), radioastronomía y sistemas de radar desde la Segunda Guerra Mundial. Normalmente, tales conjuntos de antenas incluyen varios radiadores activos acoplados a una red de alimentación. La fase de cada señal de alimentación suministrada a cada uno de los radiadores varía de tal modo que el patrón de radiación efectiva del conjunto de antenas se refuerce en una dirección deseada (es decir, el haz direccional), mientras que se suprime en las direcciones no deseadas.

15 Un tipo de radar de conjuntos de antenas en fase es un conjunto planario de antenas en fase que tiene buena resolución y supera las limitaciones de las antenas de barrido mecánico. Un ejemplo de un radar de conjuntos planarios de antenas en fase actualmente en uso es el sistema de combate "Aegis" utilizado por la Armada de los Estados Unidos. En el centro del sistema Aegis hay varios radares AN/SPY-1, cada uno de los cuales es un radar multifunción de conjuntos planarios de antenas en fase que comprenden un conjunto de elementos de antena, incluyendo radiadores y receptores, que definen una apertura de radar. El sistema Aegis es capaz de realizar 20 búsquedas, de detección automática, de transición a seguimiento, seguimiento de blancos aéreos y de superficie y de apoyo a un enfrentamiento con misiles.

25 Sin embargo, un problema de tales conjuntos planarios de antenas es que tienden a ser muy grandes y aparatosos y propensos a efectos de carga eólica, especialmente en aplicaciones móviles. El tamaño y el peso de los conjuntos planarios de antenas generalmente son resultado del número de elementos que pueblan la apertura de radar. El número de elementos que pueblan el conjunto de antenas es proporcional al área de la apertura necesaria para una resolución angular dada. Esto las hace sumamente difíciles de montar a bordo de barcos y de otros vehículos móviles. Además, el coste de producir tales conjuntos de antenas resulta muy prohibitivo y, en consecuencia, el uso de tales conjuntos de antenas ha sido limitado casi por completo, por ejemplo a algunas aplicaciones militares.

30 Otro problema del uso de un conjunto planario de antenas en fase es que normalmente solo cubre +/-45 grados desde la referencia de alineación óptica. Esta característica requiere el uso de cuatro conjuntos de antenas para permitir la cobertura completa de 360 grados de acimut, tal como en el sistema Aegis.

35 Se han utilizado varias técnicas para superar los problemas asociados con los sistemas convencionales de radar de conjuntos de antenas en fase, tales como el radar de apertura sintética (SAR). En las aplicaciones de SAR, hay una antena de radar montada sobre una plataforma en movimiento rápido, por lo que el movimiento de la antena de radar permite la síntesis de una apertura de una antena mucho mayor en una dimensión.

Se conoce un sistema de radar MIMO que usa conjuntos virtuales de antenas por el artículo de K. W. Forsythe y D. W. Bliss, "Waveform correlation and optimization issues for MIMO radar", en Proc. 39th Asilomar Conf. Signals, Syst. Comput., Pacific Grove, CA, Nov. 2005, pp. 1306-1310, XP010900224. ¶

40 Está claro que sería ventajoso que pudiera proporcionarse un aparato de vigilancia que supere o, al menos, mejore estos y otros problemas de la técnica anterior.

**Compendio de la invención**

En un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de vigilancia según la reivindicación 1. En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un uso de dicho aparato según las reivindicaciones 16 y 17.

45 Preferentemente, para señales reflejadas desde el campo lejano, los varios elementos transitorios actúan como elementos transceptores situados en el punto medio entre cada elemento transmisor dentro del primer conjunto de antenas y cada elemento receptor sucesivo dentro del segundo conjunto de antenas. Para señales que llegan del campo cercano, el procesamiento debe tener en cuenta contornos elípticos, no esféricos, de retardo constante de trayectoria.

50 En una disposición, el primer conjunto de antenas puede ser un conjunto lineal de antenas y el segundo conjunto de antenas puede tener la forma de un conjunto planario de antenas. En una disposición alternativa, el primer conjunto de antenas puede tener la forma de un conjunto planario de antenas y el segundo conjunto de antenas puede ser un conjunto lineal de antenas.

5 Adecuadamente, los elementos de radar asociados con el o los conjuntos planarios de antenas están situados adyacentes al perímetro del conjunto de antenas. El conjunto planario de antenas puede definir cualquier forma planaria cerrada adecuada, tal como un círculo, un cuadrado, un rectángulo, un octógono o similares. En otra forma adecuada se pueden utilizar dos conjuntos planarios de antenas, uno encima del otro, reflejando el segundo la posición del primero con una separación similar a la longitud del conjunto lineal de antenas. En este caso, el número de elementos receptores se dobla y el número de transmisores se reduce a la mitad para una cobertura dada de haz de antena.

10 El conjunto lineal de antenas puede ser situado dentro del perímetro del conjunto planario de antenas y lo más preferible es que esté situado coincidente con el centro del conjunto planario de antenas. Alternativamente, el conjunto lineal de antenas puede ser situado externo al perímetro del conjunto planario de antenas.

Adecuadamente, la red de alimentación está adaptada para suministrar una pluralidad de impulsos, teniendo cada impulso un código de firma diferente que permite que los elementos receptores filtren las señales de retorno para cada elemento transmisor reflejadas por uno o más objetos dentro del alcance.

15 Preferentemente, cuando se utiliza un esquema de transmisión por FDM, cada código de firma es una frecuencia de portadora seleccionada de un conjunto de frecuencias predeterminadas. Preferentemente, los elementos transmisores transmiten periódicamente la pluralidad de impulsos.

20 Adecuadamente, los impulsos de señales son transmitidos según un esquema de multiplexado por división de frecuencia (FDM), en el que las frecuencias de la portadora de los impulsos son iteradas incrementalmente después de cada periodo de transmisión, de modo que cada elemento transmisor transmita un conjunto completo de impulsos que cubra las frecuencias predeterminadas. Lo más preferible es que los impulsos sean transmitidos según un esquema de multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM).

25 Preferentemente, el número N de etapas de frecuencia es igual o mayor que el número L de elementos transmisores. Adecuadamente, la transmisión de los impulsos es escalonada; es decir, durante la transmisión de cada impulso cada elemento transmisor transmite una frecuencia de la portadora dentro de la secuencia de impulsos diferente de la del elemento o los elementos transmisores adyacentes.

Preferentemente, cuando se utiliza un esquema de transmisión de FDM, los elementos receptores están dispuestos de modo que cada elemento receptor capture  $L \times M \times N$  secuencias temporales, siendo L el número de elementos transmisores, siendo M el número de elementos receptores y siendo N el número de frecuencias de transmisión.

30 Adecuadamente, cuando se utiliza un esquema de multiplexado por división de frecuencia para transmitir los impulsos, se emplea una separación constante de frecuencias entre las frecuencias de la portadora de cada impulso (es decir, la separación entre las frecuencias de la portadora de cada impulso en el dominio frecuencial es idéntica). Preferentemente, pueden emplearse diversas técnicas de compresión de impulsos, tales como la compresión por intervalos escalonados de frecuencias para mejorar adicionalmente la resolución de la distancia. En este caso, la técnica de frecuencias escalonadas facilita el diseño de un radar con una elevada resolución de la distancia, con bajo ancho de banda instantáneo, siendo la contrapartida un largo periodo de observación para permitir la transmisión de todas las etapas de frecuencia.

40 Alternativamente, cuando se usa el multiplexado por división de código para transmitir los impulsos, pueden transmitirse simultáneamente diferentes secuencias de código, usando códigos que son separables en los receptores para la formación de haces. Tales códigos permite la compresión de impulsos, así como la facilitación del procedimiento de formación de haces. Pueden utilizarse conjuntos de secuencias de códigos que producen lóbulos laterales de alcance bajo o nulo, para reducir la fuga a otros canales cuando se separan para el procedimiento de formación de haces. El empleo de tal forma de esquema de CDM permite que se sintetice la imagen de radar a partir de una única ráfaga simultánea de los diferentes códigos.

45 Adecuadamente, los elementos de radar asociados con el conjunto planario de antenas son situados adyacentes al perímetro del conjunto de antenas. El conjunto planario de antenas puede definir cualquier forma planaria cerrada adecuada, tal como un círculo, un cuadrado, un rectángulo, un octógono o similares. En una forma, el conjunto planario de antenas puede incluir dos conjuntos planarios de antenas dispuestos paralelos entre sí; es decir, el segundo conjunto de antenas refleja la posición del primero con una separación similar a la longitud del conjunto lineal de antenas.

50 El conjunto lineal de antenas puede ser situado dentro del perímetro del conjunto planario de antenas, y lo más preferible es que esté situado coincidente con el centro del conjunto planario de antenas. Alternativamente, el conjunto lineal de antenas puede ser situado externo al perímetro del conjunto planario de antenas.

55 Preferentemente, la generación de los elementos transitorios se realiza según una técnica de procesamiento de entrada múltiple y salida múltiple (MIMO) coherente. Adecuadamente, el procesamiento MIMO incluye las etapas de convertir la distancia entre cada elemento transmisor y cada elemento receptor en un tiempo de retardo y luego eliminar el tiempo de retardo de las señales recibidas, antes de sumar los impulsos y las señales de todos los pares de elementos transmisores y receptores.

Preferentemente, el segundo conjunto de antenas puede ser plegable con respecto al primer conjunto de antenas, doblándose el segundo conjunto de antenas hacia atrás sobre el primer conjunto de antenas, permitiendo que se retraiga la instalación completa. Preferentemente, el segundo conjunto de antenas incluye una pluralidad de soportes radiales articulados por un extremo al primer conjunto de antenas, incluyendo cada soporte un elemento de radar montado pivotantemente en el otro extremo.

**Breves detalles de los dibujos**

Para que esta invención pueda ser comprendida y puesta en la práctica más inmediatamente, se hará referencia ahora a los dibujos adjuntos, que ilustran realizaciones preferentes de la invención, y en los cuales:

la FIG. 1 es un diagrama esquemático de un conjunto de antenas de vigilancia según una realización de la invención;

la FIG. 2 es un diagrama esquemático de un conjunto de antenas de vigilancia según una realización de la invención;

la FIG. 3 es un diagrama esquemático de un conjunto de antenas de vigilancia según una realización adicional de la invención;

la FIG. 4 es un diagrama esquemático de un conjunto de antenas de vigilancia según otra realización adicional de la invención;

la FIG. 5A es un diagrama esquemático de un conjunto plegable de antenas de vigilancia en el estado desplegado según otra realización adicional de la invención; y

la FIG. 5B es un diagrama esquemático de un conjunto plegable de antenas de vigilancia en el estado plegado según otra realización adicional de la invención.

**Descripción de realizaciones de la invención**

Con referencia a la FIG. 1, se ilustra una posible configuración de un conjunto 100 de antenas en fase según una realización de la presente invención. El diagrama muestra las posiciones de los elementos transitorios que, junto con los elementos físicos, forman hipotéticamente un conjunto sintético de antenas para procesar blancos en el campo lejano.

En este caso, el conjunto 100 de antenas comprende un subconjunto lineal 101 de antenas de N elementos transmisores omnidireccionales y un subconjunto planario 102 de antenas de M elementos receptores. En este caso particular los M receptores están dispuestos en un conjunto circular de antenas en torno al subconjunto lineal de antenas. Tal configuración permite una cobertura completa de 360 grados de acimut y normalmente +/- 60 grados en elevación. Las personas con un dominio normal de la técnica apreciarán que no es preciso que el subconjunto planario de antenas sea un conjunto circular de antenas, sino que puede adoptar el contorno de cualquier otra forma planaria, tal como un cuadrado, un rectángulo, un triángulo, etc.

El proceso de generación de elementos transitorios hace uso del hecho de que la señal recibida del campo lejano con un par biestático transmisor/receptor es idéntica a la señal que recibiría un único elemento monoestático transmisor/receptor situado en el punto medio entre el par biestático. En aras de la conveniencia, cuando los objetivos están a gran distancia, el cálculo de la imagen puede basarse en la geometría que surge de una pluralidad hipotética de elementos transitorios. También se puede usar la técnica para señales procedentes del campo más cercano, pero se requiere un procesamiento adicional para dar cuenta de una superficie elipsoidal cofásica con elementos biestáticos en los focos. En el campo lejano esta elipsoide tiende a una superficie esférica centrada en un elemento sintético en el punto medio.

Para generar los elementos transitorios 105, es preciso que las señales transmitidas desde los elementos 103 de antena del subconjunto 101 de antenas transmisoras sean fácilmente filtradas por cada uno de los receptores 104 del subconjunto 102 de antenas receptoras. Esto permite que la geometría de cada trayectoria (de cada elemento transmisor de antena al punto cuya imagen se está formando y volviendo a los elementos receptores de antena) se convierta en un retardo o desfase para centrarse en el punto particular cuya imagen se está formando. Así, en el caso de la disposición representada en la FIG. 1, los elementos sintetizados 105 forman un conjunto cilíndrico 106 de antenas en los puntos medios entre los subconjuntos de antenas transmisoras y receptoras.

La generación de los elementos transitorios únicamente es posible cuando las señales reflejadas correspondientes a cada impulso transmitido son fácilmente distinguibles en cada uno de los elementos receptores dentro del conjunto receptor de antenas. Es decir, que cada una de las señales reflejadas sea fácilmente separable de la pluralidad de reflejos recibida por cada elemento receptor.

Un enfoque para garantizar la separación inmediata de las señales recibidas en cada elemento receptor 104 es simplemente conmutar sucesivamente un impulso de señales entre cada elemento transmisor, con suficiente separación temporal entre los impulsos para permitir la recepción del eco del radar (es decir, aplicando multiplexado por división de tiempo). Tal enfoque es sumamente viable para algunas aplicaciones cuando han de monitorizarse escenas de movimiento lento. Sin embargo, con este enfoque solo es operativo un transmisor en cualquier momento, por lo que la potencia total disponible de un transmisor práctico puede ser insuficiente para formar una imagen en el tiempo requerido para algunas aplicaciones.

- Un enfoque alternativo es transmitir simultáneamente la pluralidad de impulsos utilizando un esquema de multiplexado por división de código. La ventaja de tal técnica de transmisión es que permite mayores potencias de transmisión. Otra ventaja de esta técnica es que puede aplicarse una operación de compresión de alcance durante el procedimiento de desmultiplexado para mejorar la resolución de distancia de la imagen. Sin embargo, un inconveniente potencial en el uso de tal esquema de transmisión es que puede ocurrir una fuga de canales. Cuando se usa simultáneamente un gran número de códigos de transmisor, existe el potencial de que estos códigos se fuguen de uno a otro durante el desmultiplexado, acumulándose por ello una interferencia no deseada.
- Un enfoque más viable para la generación de elementos transitorios 105 para tales aplicaciones de seguimiento de gran velocidad es el uso de lo que se denomina procesamiento de entrada múltiple y salida múltiple (MIMO) coherente. Como antes, la generación de elementos transitorios en un procesamiento MIMO solo es posible cuando cada elemento receptor es capaz de separar las señales de retorno para emparejarlas con la correspondiente frecuencia transmitida desde cada elemento transmisor (es decir, una forma de procesamiento multiestático dentro del propio conjunto de antenas). Esto puede ser facilitado multiplexando las formas de onda aplicadas a cada transmisor; en el caso actual se aplica un multiplexado por división de frecuencia (FDM).
- En el enfoque de MIMO coherente cada uno de los elementos transmisores transmite simultáneamente impulsos de señales según un esquema de multiplexado por división de frecuencia (FDM). Tras cada periodo de transmisión, las frecuencias de la portadora de los impulsos se iteran incrementalmente para que cada elemento transmisor transmita un conjunto completo de impulsos que cubra todas las frecuencias transmitidas. Por ejemplo, en el primer periodo de transmisión se transmite un conjunto de impulsos que tienen las frecuencias de portadora  $[f_1, f_2, \dots, f_n]$ , siendo transmitida  $f_1$  por el primer elemento transmisor  $T_1$  y siendo  $f_n$  la  $n$ -ésima frecuencia en el conjunto transmitido por el elemento transmisor  $n$ -ésimo  $T_n$ . Después del primer incremento,  $f_n$  es transmitida por  $T_1$  y  $f_1$  por  $T_2$  y  $f_{n-1}$  transmitida por  $T_n$ . Esto garantiza que cada uno de los elementos receptores capture  $M \times N$  secuencias temporales, siendo  $M$  el número de elementos receptores de antena y siendo  $N$  el número de etapas de frecuencia de los transmisores.
- Estas secuencias temporales deben ser capturadas mediante muestreo a incrementos temporales iguales o más cortos que la longitud del impulso del transmisor. Por ende, para una secuencia de  $N$  impulsos transmitida cíclicamente desde  $L$  elementos transmisores a  $N$  frecuencias diferentes de la portadora, las señales del conjunto recibidas por los  $M$  elementos receptores dan como resultado un conjunto de  $L \times M \times N$  secuencias temporales.
- La ventaja de utilizar un multiplexado por división de frecuencia es que se minimiza sustancialmente la fuga entre canales desmultiplexados. El potencial para la fuga entre tales canales en un esquema de multiplexado por división de frecuencia puede reducirse adicionalmente empleando multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM) o utilizando impulsos largos; es decir, los anchos de banda de los impulsos son más estrechos que su separación frecuencial. Cuando se emplean impulsos largos, pueden discurrir conjuntamente, permitiendo una transmisión continua de ondas que, a su vez, hace más difícil de detectar el radar.
- Tal enfoque contrasta directamente con el procesamiento convencional de conjuntos de antenas en fase, en el que las señales procedentes de los elementos transmisores se combinan en el campo lejano y se vuelven inseparables en los elementos receptores. La ventaja del procesamiento MIMO coherente es que se captura más información en cada elemento receptor, lo que, en efecto, permite la síntesis de elementos adicionales transmisores/receptores de antena.
- Además, el visionado reiterado de la apertura con formas de onda coherentes, como en la técnica de MIMO coherente, permite monitorizar el cambio de fase en una célula cualquiera, permitiendo medir el movimiento y la velocidad de cualquier parte de la imagen de radar. Esta iluminación coherente de la apertura permite usar el conjunto de antenas en varias aplicaciones, tales como el radar interferométrico o los radares de impulsos Doppler.
- En aplicaciones en las que los esquemas de transmisión y procesamiento utilizan OFDM, también puede emplearse una variedad de técnicas de codificación ortogonal. Esto permite la implementación tanto de la compresión de alcance como de la formación de haces. El procesamiento tanto de la compresión de alcance como de la formación de haces utiliza la amplitud y la fase o los componentes equivalentes en fase y cuadratura de las señales recibidas.
- En la operación de la compresión de alcance, los datos procedentes de cada elemento receptor de antena son procesados para filtrar los canales ortogonales y combinados en los  $L \times M$  haces (el procesamiento de todos los elementos también puede realizarse en paralelo). Estos tienen una baja resolución de la distancia. A continuación, se aplica una transformada de Fourier al conjunto de señales recibidas para la totalidad del conjunto completo de impulsos de OFDM transmitidos. Esto se repite para todas las muestras temporales y todos los haces. Esto produce un perfil de distancia corta para el intervalo de distancia/tiempo entre el conjunto original de impulsos de OFDM transmitidos y el correspondiente conjunto de retorno. A continuación, el perfil de distancia corta puede ser objeto de secuenciación para dar un perfil de elevada resolución de distancia. Las muestras originales de distancias se convierten en  $N$  muestras de distancia corta (es decir, se aplica una compresión por intervalos escalonados de frecuencias).

Así, tras la aplicación de la operación de la compresión de alcance, el conjunto de  $L \times M \times N$  secuencias temporales se reduce a  $L \times M$  secuencias temporales, lo que da como resultado un aumento de la resolución de la distancia de la imagen un factor de  $N$  veces, siendo  $N$  el número de etapas de frecuencia.

5 La operación de la formación de haces combina los datos de todos los elementos para producir una imagen tridimensional definida en términos de distancia, acimut y elevación. Cada vóxel (píxel tridimensional) de la imagen estará relacionado con un coeficiente de reflexión de radar de cualquier reflector de una sección dada del volumen de interés. Para formar la imagen debe conocerse la distancia de ida y vuelta entre cada elemento transmisor, el vóxel que se mide y cada elemento receptor. Estas distancias se convierten en un tiempo de retardo que debe ser eliminado del conjunto de datos recibidos para provocar el alineamiento en el punto del vóxel cuya imagen se está formando. Debe hacerse esto para todos los puntos de vóxel. El simple procesamiento de retardo y adición puede ser reemplazado aplicando desfases equivalentes en los radares de banda estrecha.

10 El proceso subyacente de formación de una imagen es sumar datos de señales procedentes de todos los pares de transmisor/receptor, de modo que los datos estén alineados en tiempo (o fase) para cada vóxel de la imagen. Las señales que han de sumarse pueden ponderarse para formar haces e impulsos con características de lóbulos laterales especificadas. La longitud del recorrido de propagación de ida y vuelta desde el transmisor hasta un punto particular en el espacio del que ha de formarse una imagen y de regreso al receptor puede ser calculada para todos los pares de antenas y todos los puntos de la imagen. A continuación, estas longitudes de recorrido pueden ser fácilmente convertidas en retardos o desfases requeridos para la formación de imágenes. En el campo cercano la noción del elemento transitorio se deshace; aquí el proceso de formación de imágenes puede completarse aún mediante el desfase temporal de los datos para alinear los retornos de cada píxel. En el campo cercano los puntos cofásicos forman una superficie elipsoidal de revolución con focos en los elementos. Al aumentar la distancia, las superficies cofásicas elipsoidales se vuelven más esféricas centradas en el punto medio que es la posición del elemento transitorio.

15 Además de lo anterior, también pueden emplearse varias técnicas antiinterferencias intencionales, tales como el direccionamiento de nulos. El principio básico del direccionamiento de nulos es formar el haz de modo que una fuente de ruido/interferencia coincida con una dirección de muy baja potencia/sensibilidad dentro del haz. Variar la posición de los nulos permite que el conjunto de antenas minimice los efectos de una fuente de ruido/interferencia con solo un impacto menor en la posición y la forma del lóbulo principal. Una ventaja adicional en el uso del direccionamiento de nulos es que permite una relación señal-ruido mejorada.

20 La FIG. 2 representa una configuración 200 de conjuntos de antenas de vigilancia según una realización de la invención. En este caso, el subconjunto 201 de antenas transmisoras está situado fuera del subconjunto 202 de antenas receptoras. De esta manera, los elementos transitorios 205 aún forman un conjunto cilíndrico 206 de antenas en los puntos medios entre los subconjuntos de antenas transmisoras 201 y receptoras 202, pero debe tenerse en cuenta la mayor separación entre los pares transmisor y receptor en el procesamiento de señales.

25 Con referencia a la FIG. 3, se ilustra una posible configuración adicional de un conjunto 300 de antenas de vigilancia de la presente invención. En este caso, el subconjunto 302 de antenas receptoras tiene la forma de un cuadrado. Tal configuración forma una antena tridimensional con una forma 306 de tipo caja en los puntos medios entre los subconjuntos de antenas transmisoras 301 y receptoras 302. La ventaja de tal configuración es que la formación de haces puede acelerarse usando transformadas rápidas de Fourier.

30 La FIG. 4 ilustra la posible configuración de un conjunto 400 de antenas de vigilancia de la presente invención. En este caso, el subconjunto 402 de antenas receptoras incluye dos conjuntos planarios 407, 408 de antenas dispuestos paralelos entre sí; es decir, el segundo conjunto 408 de antenas refleja la posición del primero con una separación similar a la longitud del conjunto lineal de antenas. Tal configuración forma dos antenas tridimensionales 406 y 406' que tienen forma cilíndrica en los puntos medios entre los subconjuntos de antenas transmisoras 401 y receptoras 407, 408. En este caso, el número de elementos receptores se dobla efectivamente y el número de transmisores se reduce a la mitad para una cobertura dada de haz de antena. Además, el número de códigos ortogonales requeridos para un número dado de haces de elevación se reduce a la mitad, lo que reduce el potencial de fuga cruzada entre canales.

35 Las anteriores configuraciones del conjunto de antenas de vigilancia pueden ser desplegadas en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, el conjunto de antenas de vigilancia puede ser usado en aplicaciones tales como defensa aérea y terrestre, seguimiento balístico, adquisición de blancos, radar de aviso de cizalladura del viento y reparto del espectro, es decir, comunicaciones de radares duales.

40 Un ejemplo de la aplicación del conjunto de antenas de vigilancia es un sistema de radar a bordo de un barco. La ventaja de tal sistema es que tiene una baja carga de peso máximo/eólica. Además, si se da al radar una capacidad de reparto del espectro de comunicación dual, entonces el proceso MIMO minimiza los efectos adversos del desvanecimiento, que comúnmente degradan las comunicaciones entre barcos.

45 Otro ejemplo adicional del tipo de aplicación en el que puede ser empleado el conjunto de antenas de vigilancia de la presente solicitud es un radar urbano encubierto para la monitorización de toques de queda, ya que es fácil disimular

la antena de radar. En tal aplicación, la forma de onda del radar es una forma de onda de LPI, y ofrece un enlace de comunicaciones.

5 En otra posible configuración de la presente invención, el subconjunto de antenas de elementos receptores 502 puede ser plegable con respecto al subconjunto 501 de antenas transmisoras, según se muestra en las FIGURAS 5A y 5B. En la FIG. 5A se muestra el conjunto 500 de antenas de vigilancia en el estado desplegado. Aquí, los elementos receptores 504 están montados pivotantemente 509 en los extremos de los soportes radiales 510, estando articulados los soportes radiales, a su vez, en un reborde 511 de soporte montado en el conjunto transmisor 501 de antenas. Según se muestra, ambos receptores 504 están en posición vertical, extendiéndose los soportes radiales 510 de forma sustancialmente ortogonal con respecto al reborde 511 de soporte y al conjunto transmisor 10 501 de antenas para generar una antena tridimensional que tiene forma cilíndrica 406.

La FIG. 5B muestra el conjunto 500 de antenas de vigilancia en el estado cerrado. Aquí los elementos receptores han sido pivotados en torno a 509 para que queden planos a lo largo de su correspondiente soporte radial 510. A continuación, los soportes radiales giran sobre su extremo articulado hacia el conjunto transmisor 502 de antenas para permitir que el conjunto transmisor 502 de antenas sea retirado telescópicamente a través del tubo 512.

15 Un ejemplo de cuándo tiene aplicación tal disposición es cuando una antena de radar ha de extenderse para recoger una imagen de radar y luego retraerse para minimizar su visibilidad o para permitir la movilidad, tal como un submarino. Utilizando esta configuración, el radar puede extenderse por encima de la superficie del océano a través de un tubo, el conjunto de antenas ser abierto para obtener una imagen, luego plegarse y retirarse. De modo similar, un vehículo aéreo no tripulado (UAV) podría extender un conjunto de antenas una vez en vuelo para un radar con mejor resolución angular que uno montado dentro del morro. El concepto de un conjunto plegable de antenas 20 también puede ser utilizado en aplicaciones de fuerzas terrestres móviles, tales como sistemas móviles G-MWACS de aviso y control terrestres o un único vehículo para radar y DF/ESM o la provisión de radar dual y comunicaciones para un comando por medio de Wi-Fi MIMO.

25 La base de la técnica de síntesis de elementos puede ser entendida a partir de la noción de que un par de elementos de antena de un conjunto de antenas usados de manera biestática recogerán exactamente los mismos datos del campo lejano que de un solo elemento monoestático situado a mitad de camino entre los elementos biestáticos. Esto, en efecto, permite sintetizar elementos fantasma o transitorios entre todos los pares de elementos de un conjunto de antenas en fase. El inventor se ha percatado de que, para un conjunto anular de antenas de N elementos, se pueden sintetizar elementos fantasma entre todos los pares, permitiendo que el anillo se llene de aproximadamente N al cuadrado elementos fantasma o transitorios. Esto forma un conjunto planario de antenas con la capacidad de ver un sector de normalmente +/- 60 grados en acimut y elevación desde la normal a la cara del conjunto de antenas. 30

Sin embargo, los conceptos de apertura de síntesis de elementos de la técnica anterior son solo capaces de producir aperturas bidimensionales; con estas, como con su homólogo de conjuntos de antenas en fase de radar de apertura real (RAR), se requieren al menos cuatro conjuntos de antenas en fase para proporcionar una cobertura completa de 35 360 grados de acimut. Ahora el aparato de vigilancia de la invención proporciona una cobertura completa de 360 grados de acimut a partir de un conjunto estático y compacto de antenas.

40 Las personas con un dominio normal de la técnica apreciarán, con referencia a las enseñanzas de la invención, que la forma de la antena tridimensional resultante depende de la forma del conjunto planario de antenas. Por ejemplo, si el conjunto de antenas tuviera la forma de un sector circular, la antena sintetizada resultante sería un sector de una superficie cilíndrica. Tal configuración podría permitir la formación de imágenes de radar en ese sector, que podría ser más ancho que el sector visto por un conjunto planario convencional de antenas en fase.

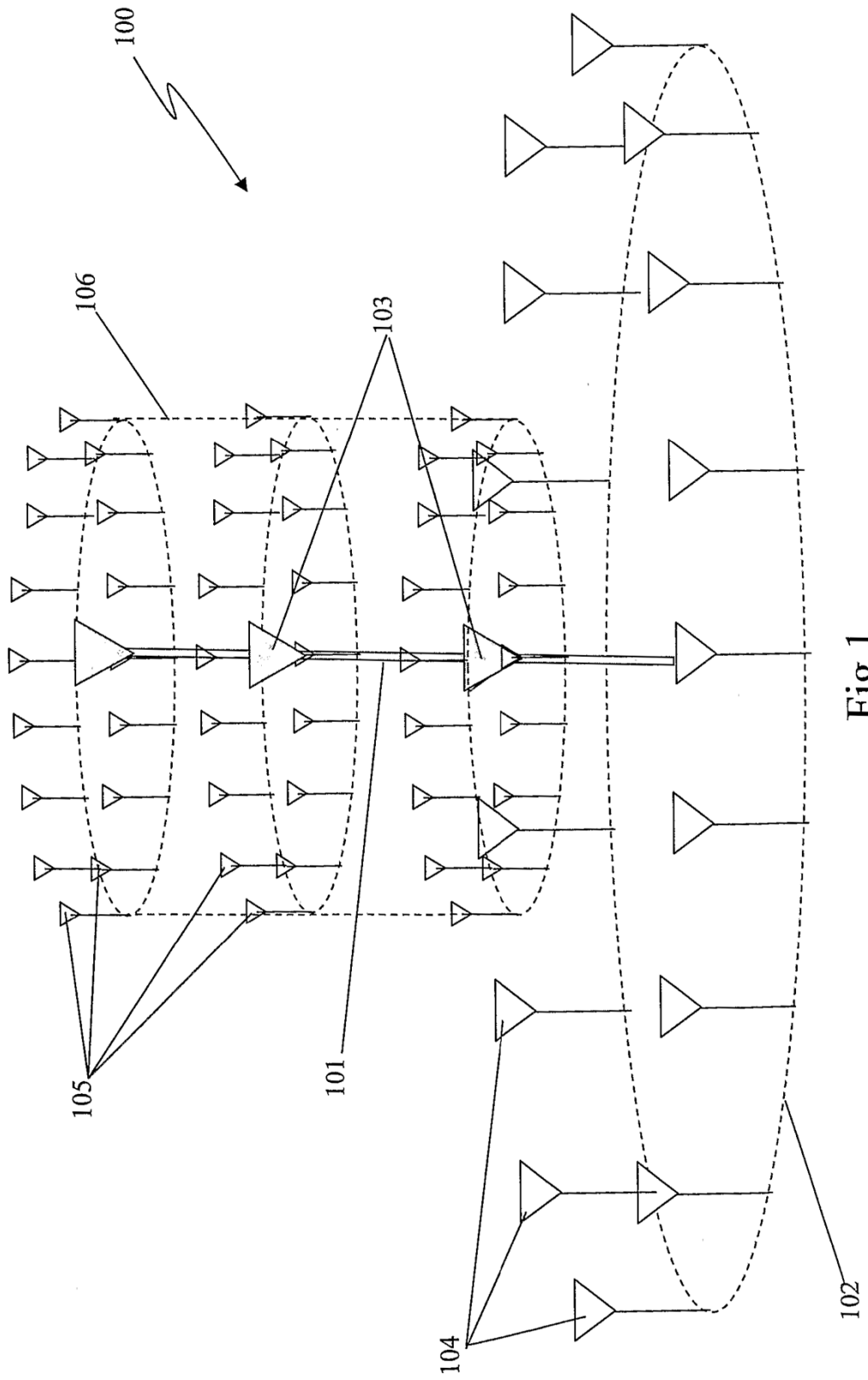
45 Ha de entenderse que las realizaciones anteriores han sido proporcionadas únicamente a título de ejemplificación de esta invención, y que se considera que las modificaciones y las mejoras adicionales a la misma, como sería evidente a personas expertas en la técnica relevante, se encuentran dentro del alcance de la presente invención descrita en la presente memoria.

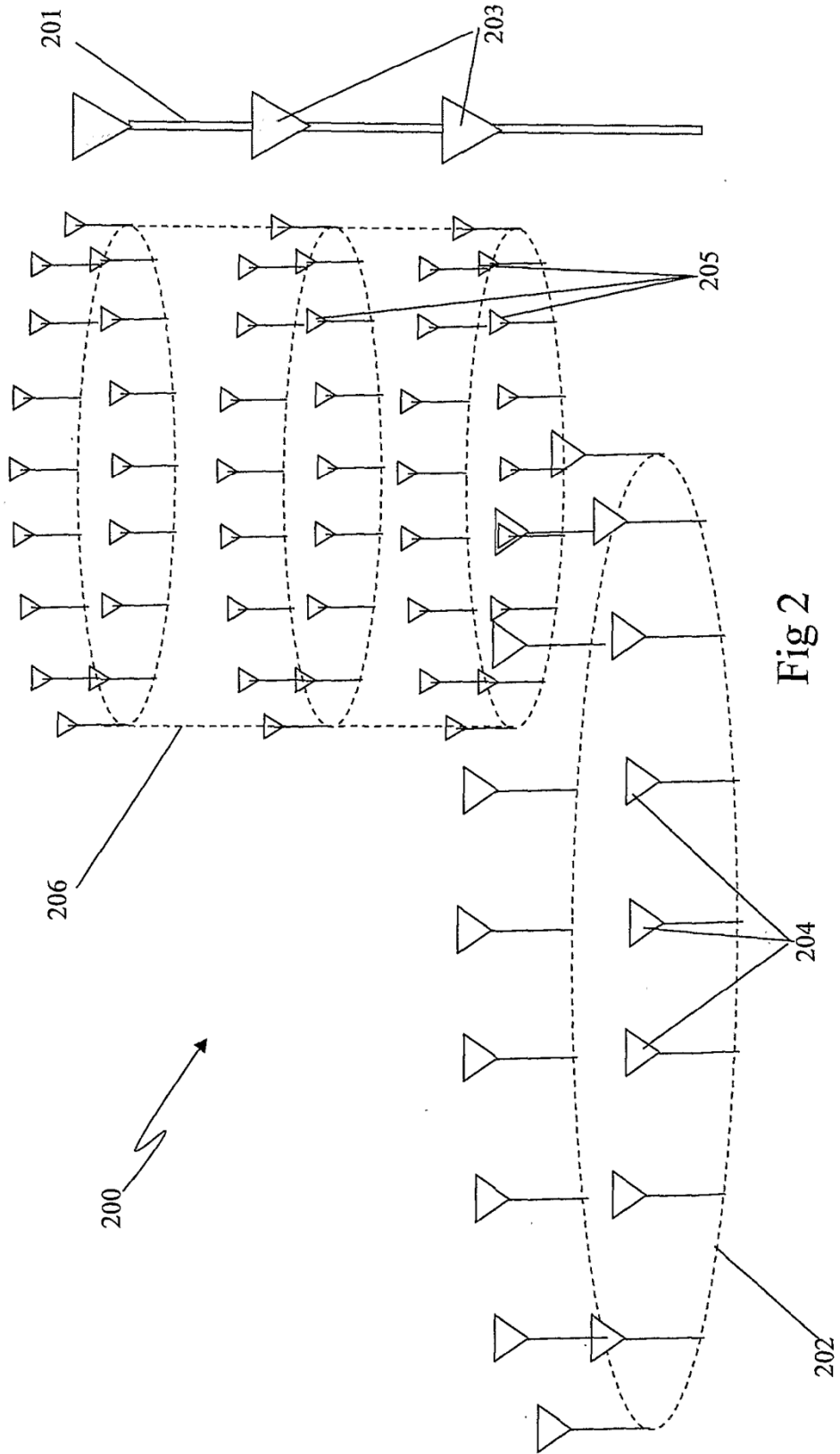
**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (100) de vigilancia, comprendiendo dicho aparato:
  - un primer conjunto de antenas de elementos transmisores (103) de radar;
  - un segundo conjunto de antenas de elementos receptores (104) de radar;
  - una red de alimentación acoplada a los elementos transmisores de radar de dicho primer conjunto de antenas; y
  - un procesador acoplado a los elementos receptores de radar del segundo conjunto de antenas y a dicha red de alimentación;
  - caracterizado porque
  - uno de los conjuntos primero y segundo de antenas es un conjunto planario de antenas y la otra es un conjunto lineal de antenas, siendo ortogonal el conjunto lineal de antenas con respecto al conjunto planario de antenas;
  - estando adaptados los elementos transmisores (103) de radar para transmitir una pluralidad de impulsos según un esquema de multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM), en el que cada impulso es seleccionado de la frecuencia de la portadora de entre un conjunto de frecuencias predeterminadas, permitiendo que los elementos receptores (104) de radar filtren las señales de retorno para cada elemento transmisor (103) de radar reflejadas por uno o más objetos dentro del alcance; y
  - estando adaptado dicho procesador para sintetizar una pluralidad de elementos transitorios (105) de antena en los puntos medios entre los elementos transmisores (103) de radar y los elementos receptores (104) de radar.
2. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 1 en el que las frecuencias de la portadora de los impulsos son iterados incrementalmente después de cada transmisión, de modo que cada elemento transmisor (103) de radar transmita un conjunto completo de impulsos que cubra todas las frecuencias predeterminadas.
3. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en las reivindicaciones 1 o 2 en el que la transmisión de los impulsos es escalonada, por lo que cada elemento transmisor (103) de radar transmite una frecuencia de la portadora dentro de la secuencia de impulsos diferente de la de los elementos transmisores (103) de radar adyacentes.
4. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que el número N de etapas de frecuencia es igual o mayor que el número L de elementos transmisores de radar.
5. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 4 en el que los elementos receptores (104) de radar están dispuestos de modo que cada elemento receptor (104) de radar capture  $L \times M \times N$  secuencias, siendo M el número de elementos receptores de radar.
6. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en el que se mantiene una separación constante de frecuencias entre las frecuencias de la portadora de cada impulso.
7. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 6 en el que se emplea la compresión de impulsos.
8. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 7 en el que la compresión de códigos de impulsos es una compresión por intervalos escalonados de frecuencias.
9. Un aparato de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 1 en el que el conjunto planario de antenas define cualquier forma planaria cerrada adecuada, tal como un círculo, un cuadrado, un rectángulo, un octógono o similares.
10. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 9 en el que los elementos de radar asociados con el conjunto planario de antenas están situados adyacentes al perímetro del conjunto de antenas.
11. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10 en el que el conjunto lineal de antenas está situado dentro del perímetro del conjunto planario de antenas.
12. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 11 en el que el conjunto lineal de antenas está situado coincidente con el centro del conjunto planario de antenas.
13. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10 en el que el conjunto lineal de antenas está situado externo al perímetro del conjunto planario de antenas.
14. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12 en el que el conjunto planario de antenas es plegable con respecto al conjunto lineal de antenas.



- 5
15. Un aparato (100) de vigilancia según se reivindica en la reivindicación 14 en el que el conjunto planario de antenas incluye una pluralidad de soportes radiales articulados por un extremo al conjunto lineal de antenas, incluyendo cada soporte radial al menos un elemento receptor (104) de radar conectado de forma pivotante al mismo, de modo que, cuando los soportes radiales giren sobre el extremo articulado hacia el conjunto lineal de antenas, cada elemento receptor (104) pivote, quedando plano a lo largo de su respectivo soporte radial.
  16. El uso del aparato (100) de vigilancia de la reivindicación 1 para generar una imagen de radar.
  17. El uso del aparato (100) de vigilancia de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16 para seguir un blanco móvil.





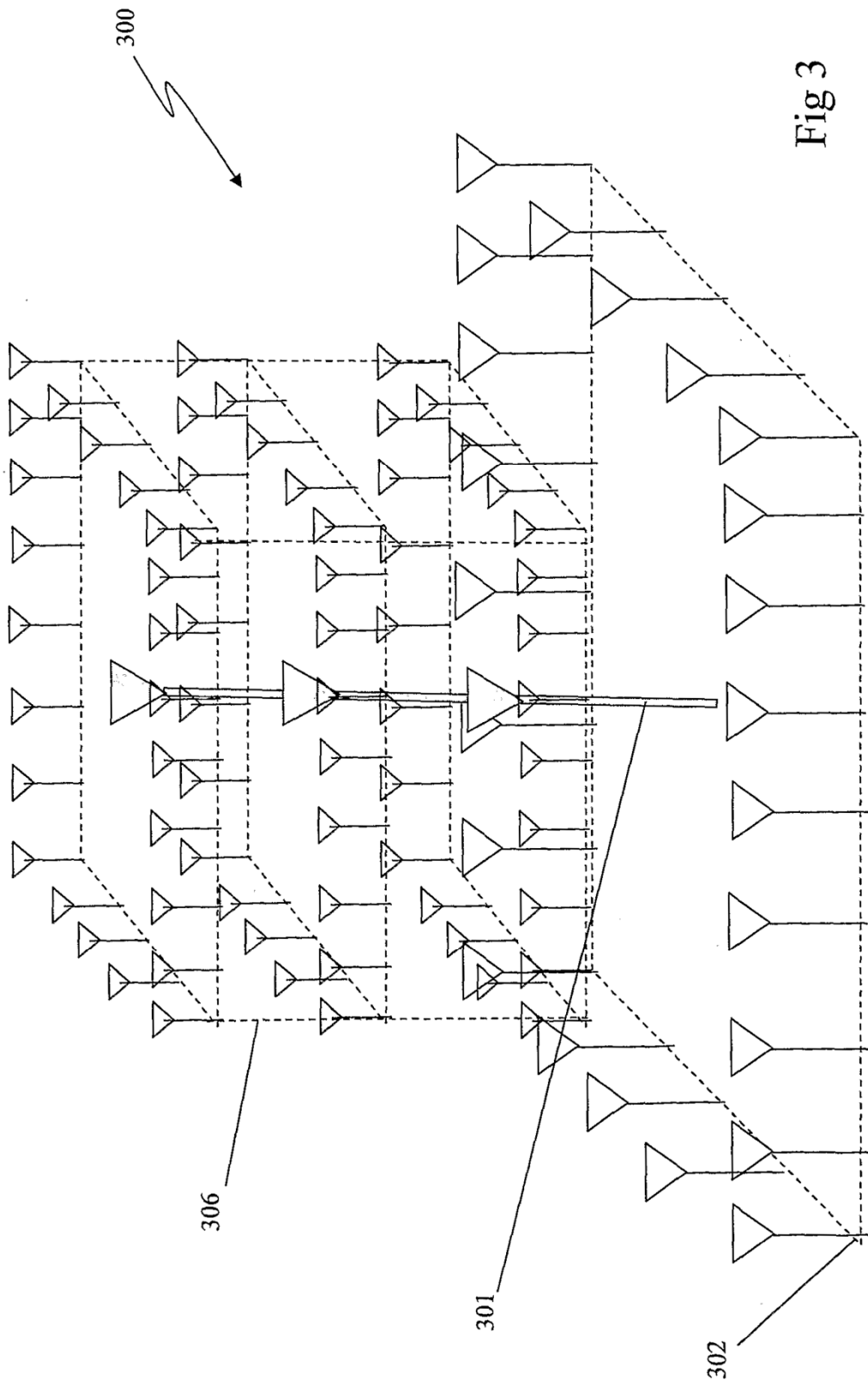


Fig 3

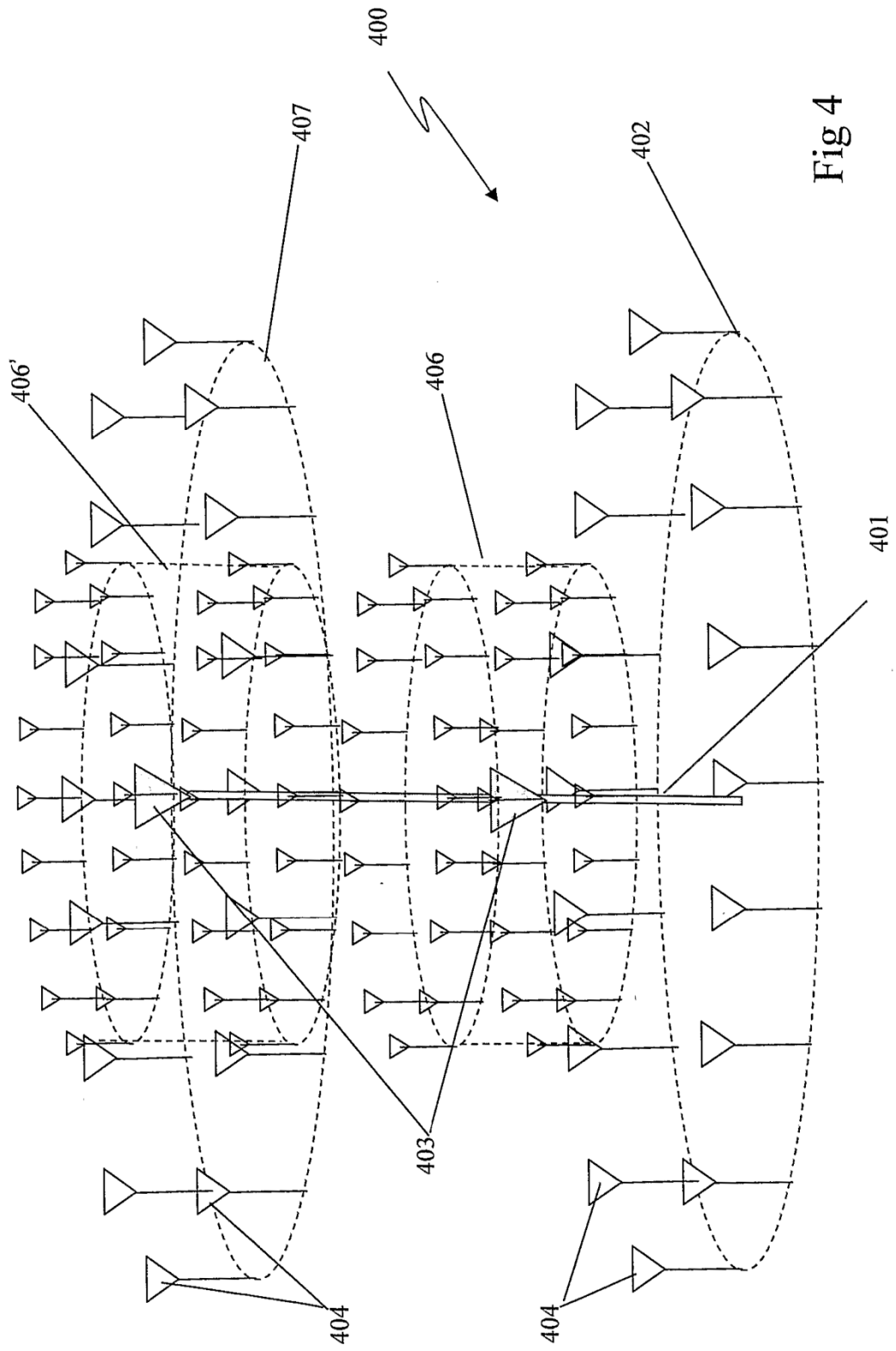


Fig 4

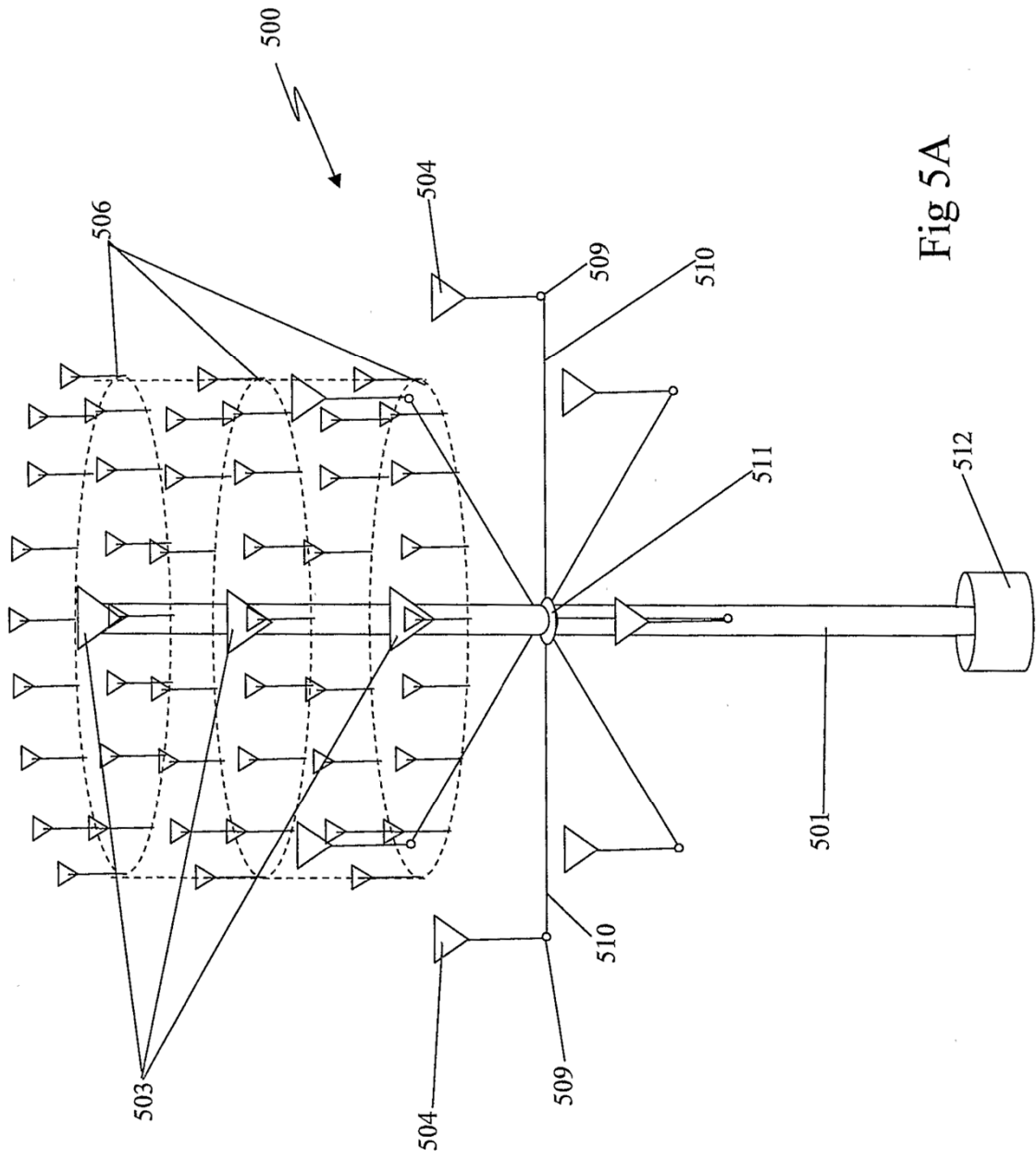


Fig 5A

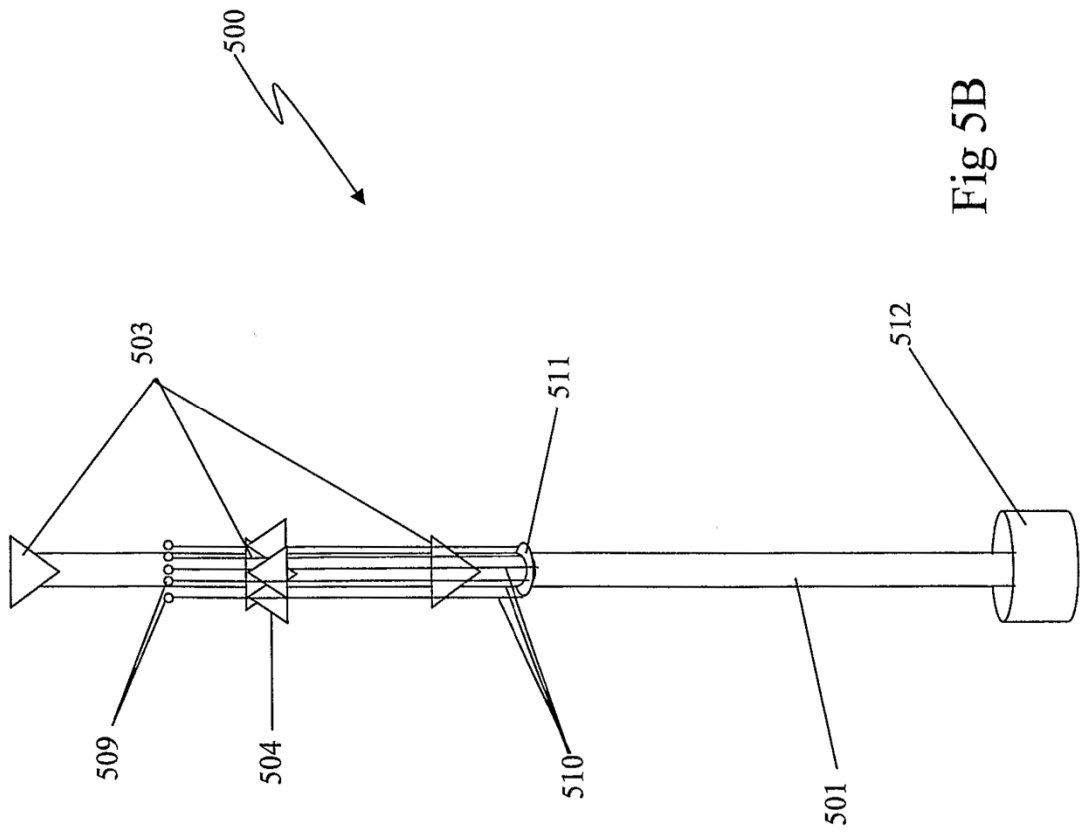


Fig 5B