(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 542 855**

(51) Int. Cl.:

G01S 13/32 (2006.01)
G01S 13/86 (2006.01)
G01S 13/87 (2006.01)
H04J 13/00 (2011.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2006** **E 06836020 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2015** **EP 1880232**

(54) Título: **Sistema de radar de formas de onda pseudo-ortogonal, radar de formas de onda cuadráticas polifásicas y métodos para localizar los objetivos**

(30) Prioridad:

07.02.2005 US 52975

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.08.2015

(73) Titular/es:

RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 02451-1449, US

(72) Inventor/es:

ADAMS, VINH N. y
DWELLY, WESLEY H.

(74) Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 542 855 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).

Sistema de radar de formas de onda pseudo-ortogonal, radar de formas de onda cuadráticas polifásicas y métodos para localizar los objetivos.

Descripción

Ámbito Técnico

Las representaciones de la presente invención pertenecen a los sistemas de radar. En algunas representaciones, la presente invención se refiere a la localización de francotiradores. En algunas representaciones, la presente invención se refiere a interceptar proyectiles entrantes.

Contexto

Los francotiradores son un problema en situaciones de guerra urbana, así como en las calles de la ciudad. Los francotiradores son difíciles de localizar y es difícil proteger a VIPs, policía y soldados del fuego de los francotiradores. Algunos sistemas convencionales utilizan técnicas de detección por audio para ayudar a localizar al tirador después de que se dispare una bala, pero estas técnicas no son exactas y son difíciles de implantar. Además, estas técnicas no proporcionan una forma de detener la bala. En algunas situaciones de guerra urbana, granadas propulsadas por cohetes (PRGs), morteros y otros proyectiles presentan problemas similares.

Se han utilizado algunos sistemas de radar convencional para rastrear e interceptar los proyectiles entrantes, pero estos sistemas no se implantan fácilmente en situaciones urbanas, son grandes, incómodos y costosos. Además, estos sistemas no ofrecen protección contra un arma de combate cercano (menos de 100 metros) debido que los sistemas convencionales incluyen sistemas de escaneado mecánico y de matriz de escaneado electrónico (ESA).

Por lo tanto, existe una necesidad general de sistemas de radar mejorado. También hay una necesidad general de sistemas y métodos que puedan ayudar a proteger contra fuego procedente de francotiradores, así como otros proyectiles, especialmente en situaciones urbanas. La patente de los EE. UU. A-2003/218565 revela un sistema de radar que transmite formas de onda pseudo-ortogonales.

Resumen

En algunas representaciones de forma de onda pseudo-ortogonal simultáneas, un sistema de radar transmite formas de onda pseudo-ortogonal y lleva a cabo múltiples correlaciones en una señal de canal receptor único combinado para identificar un objetivo, como la bala de un tirador, un proyectil entrante, una granada propulsada por cohete (RPG) o un mortero.

En algunas representaciones, el sistema puede calcular la trayectoria del objetivo para interceptar al objetivo. En algunas representaciones, el sistema puede calcular la trayectoria del objetivo y podría también extrapolar la trayectoria del objetivo para localizar la fuente del objetivo, como un francotirador o un RPG o un tirador de mortero. En algunas representaciones, el sistema puede ayudar a proteger contra el fuego de francotiradores, así como otros proyectiles, especialmente en situaciones urbanas. En algunas representaciones, el sistema es portátil y puede montarse sobre un vehículo y puede proporcionar un mayor rango de distancia. En algunas representaciones, el sistema podría utilizarse para contrarrestar el fuego de francotirador, RPG y morteros.

Breve descripción de los esquemas

Las reivindicaciones adjuntas se dirigen a algunas de las varias representaciones de la invención presente. Sin embargo, la descripción detallada presenta una comprensión más completa de las representaciones de la presente invención cuando se tiene en cuenta en relación con las figuras, en las que como referencia los números se refieren a objetos similares a lo largo de las figuras y:

La FIGURA 1 es un diagrama de bloques funcional de un sistema de radar de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

La FIGURA 2 es un diagrama de bloques funcional de un elemento transmisor de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

La FIGURA 3 es un diagrama de bloques funcional de un procesamiento de forma de onda y un circuito controlador de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

Las FIGURAS 4A, 4B y 4C ilustran sistemas de radar de entornos operativos de acuerdo con alguna realización de la presente invención;

Las FIGs. 5A y 5B ilustran configuraciones de elemento de antena de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

La FIGURA 6 ilustra una zona de detección y un ángulo de detección de un sistema de radar de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

Las FIGURAS 7A, 7B y 7C ilustran ejemplos de ubicaciones de destino en vigas de antena y magnitudes de señales de salida de correlación asociadas de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

La FIGURA 8 ilustra ejemplos de valores de bit para la modulación de fase de formas de onda pseudo-ortogonales de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

La FIGURA 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento operativo de un sistema de radar de forma de onda pseudo-ortogonal de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención;

La FIGURA 10 ilustra un espectro de frecuencias asociado a un sistema de radar de onda cuadrática polifásica da acuerdo con algunas representaciones de la presente invención; y

La FIGURA 11 ilustra algunos parámetros a modo de ejemplo para un sistema de radar de onda cuadrática polifásica de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención.

Descripción Detallada

La siguiente descripción y los esquemas ilustran representaciones específicas del invento de forma suficiente para permitir a los expertos en el arte que lo pongan en práctica. Otras representaciones podrían incorporar procesos estructurales, lógicos, eléctricos y otros cambios. Los ejemplos únicamente tipifican las variaciones posibles. Los componentes individuales y las funciones son opcionales a menos que se requiera explícitamente y la secuencia de operaciones puede variar. Las porciones y características de algunas representaciones podrían estar incluidas en o sustituidas por las de otros. Las representaciones de la invención que se establecen en las reivindicaciones abarcan todos los equivalentes disponibles de esas reivindicaciones. En el presente documento puede hacerse referencia a las representaciones de la invención, individual o colectivamente, con el término «invención» únicamente por comodidad y sin la intención de limitar voluntariamente el alcance de esta aplicación a cualquier invento individual o concepto inventivo si de hecho se presentase más de uno.

La FIGURA 1 es un diagrama de bloques funcional de un sistema de radar de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención. En algunas representaciones, el sistema de radar 100 podría ser un sistema de radar de onda pseudo-ortogonal, mientras que en otras representaciones, el sistema de radar 100 podría ser un sistema de radar de onda cuadrática polifásica.

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonale, el sistema de radar 100 transmite ondas pseudo-ortogonales 103 y lleva a cabo correlaciones múltiples sobre una señal de canal único receptor combinado 107 para identificar un objetivo, como la bala de un tirador, un proyectil entrante, granadas propulsadas por cohetes (RPG) o mortero. En algunas representaciones, puede estimarse la trayectoria del objetivo para el lanzamiento de un interceptor para interceptar el objetivo. En algunas representaciones, la trayectoria del objetivo puede extrapolarse para determinar la ubicación de origen del objetivo (por ejemplo, la ubicación del tirador).

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonal, el sistema de radar 100 incluye una pluralidad de elementos transmisor 102, cada uno para generar y transmitir una onda pseudo-ortogonal 103 en un elemento asociado de un conjunto de elementos de antena 104. El sistema de radar 100 también comprende circuitos 106 y 110 para combinar y digitalizar las señales de retorno recibidas por los elementos de antena 104 y generar una forma de onda digital única 111. El sistema de radar 100 también consta de circuito de procesamiento de forma de onda y regulador de circuitos y 112 para realizar correlaciones en forma de onda digital única 111.

En algunas representaciones, cada uno de los elementos transmisores 102 puede abarcar un modulador de fase para madular por fase la señal de radiofrecuencia (RF) 117 con un elemento entre varios códigos pseudo-ortogonales 115 para generar un único de pseudo-curvas ortogonales 103 para la transmisión por el elemento asociado de 104 elementos de antena. En algunas representaciones, el producto escalar de dos pseudo-códigos ortogonales 115 puede ser prácticamente cero. El término "pseudo-ortogonal" se utiliza aquí para describir códigos o secuencias de código que son prácticamente ortogonales (es decir, no son perfectamente matemáticamente ortogonales). En otras palabras, el producto escalar entre los dos códigos pseudo-ortogonales podría no ser igual a cero. En estas representaciones, el producto escalar entre dos códigos pseudo-ortogonales cualquiera podría ser cercano a cero o prácticamente cero. El término "pseudo-ortogonal" también puede incluir códigos o secuencias de código que son matemáticamente ortogonales, aunque el alcance de la invención no se limita a este respecto. En algunas representaciones, la correlación cruzada entre dos canales adyacentes puede ser igual a un aislamiento del canal de más de 20 dB, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonales, cada uno de los elementos transmisores 102 podría al mismo tiempo prácticamente transmitir forma de onda pseudo-ortogonal 103 en antena asociado elemento

104. En algunas representaciones, elementos transmisores 102 pueden servir como módulos de transmisión y rechazo módulos (T/R), aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, circuitos de procesamiento y controlador de onda 112 pueden realizar correlaciones independientes en una forma de onda digital única 111 para su uso en la estimación de la trayectoria de un objeto entrante.

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonal, el sistema de radar 100 incluye un generador de código pseudo-ortogonal 114 para generar códigos pseudo-ortogonales 115 para su uso con un elemento asociado de elementos transmisores 102. En algunas representaciones, el generador de código pseudo-ortogonal 114 es opcional y los códigos podrían generarse en otros lugares. En estas representaciones, uno o más pseudo-códigos ortogonales únicos 103 se pueden almacenar en cada uno de los elementos transmisores 102, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, se pueden generar códigos pseudo-ortogonales desde una matriz semilla Walsh, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, el sistema de radar 100 podría incluir un combinador de señal única 106 para sumar las señales de retorno recibidas por los elementos de antena 104 en una señal única de canal receptor 107 y uno más conversores de analógico a digital (A/D) 110 para digitalizar la señal única de canal receptor 109 y para generar formas de onda digitales únicas 111.

En algunas representaciones, el sistema de radar 100 puede incluir circuitos de receptor 108 para convertir la señal del canal receptor único 107. En algunas representaciones, los circuitos receptores 108 podrían convertir la señal de canal receptor individual 105 a partir de cada elemento de antena 104 antes de combinar, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, los convertidores A/D 110 pueden abarcar un solo convertidor A/D para generar una forma de onda digital única 111. En otras representaciones, los convertidores A/D 110 pueden incluir dos o más convertidores A/D para generar una forma de onda digital 111 que incluya, por ejemplo, un componente en-fase (I) y un componente de fase de cuadratura (Q). Esto puede permitir que los convertidores A/D 110 funcionen a una frecuencia de muestreo inferior, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, los elementos de antena 104 podrían cubrir conjuntamente una zona de detección de ángulo de hasta 360 grados en Azimut y pueden cubrir un ángulo de detección de hasta 60 grados o más de elevación, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. Estas representaciones se tratan en más detalle a continuación.

En algunas representaciones, el sistema de radar 100 puede también incluir un generador de señal RF 116 para generar las señales de RF 117 para cada uno de los elementos transmisores 102. Las señales RF 117 pueden estar prácticamente en fase entre sí y pueden estar en la misma frecuencia. En algunas representaciones, las señales de RF 117 podrían ser señales de onda continua (CW), mientras que en otras representaciones las señales de RF 117 pueden ser pulsadas. Cualquier frecuencia de radar puede ser adecuada para las señales de RF 117.

En algunas representaciones, el sistema de radar 100 también puede incluir amplificadores, como amplificadores de bajo nivel de ruido (LNAs), circuladores y otros circuitos, algunos de los cuales se ilustran en la FIGURA 1.

En algunas representaciones de onda cuadrática polifásicos, el sistema de radar 100 puede ser un radar de onda cuadrática polifásico. En estas representaciones, cada una de las señales de RF 117 para elementos transmisores 102 puede tener un espaciado/separación de frecuencia. El desplazamiento de frecuencia puede basarse en el objetivo Doppler incluyendo su velocidad esperada y la frecuencia de transmisión de estas representaciones de sistema radar 100.

En estas representaciones de onda cuadrática polifásicos, las versiones de desplazamiento de frecuencia de una onda única cuadrática poli-fase pueden transmitirse simultáneamente en cada elemento de la antena. La señal de retorno puede sumarse a partir de cada elemento de la antena a un canal único de recepción. Cada canal de antena y gama de la puerta de la antena puede descodificarse en base en las diferentes frecuencias de transmisión de esta representación. En algunas representaciones, el uso del procesamiento de estiramiento puede permitir al sistema de radar 100 disminuir su ancho de banda sin reducir la resolución del rango.

En algunas representaciones de onda cuadrática polifásicas, 102 podría transmitir simultáneamente versiones separadas de la frecuencia de una onda polifásica sobre el grupo de las antenas de transmisión 104. El combinador de señal 106 podría combinar una señal de retorno desde cada antena 104 en una señal combinada de dominio de tiempo (es decir, una señal de canal receptor único). Los circuitos de procesamiento FFT pueden realizar una transformación de Fourier de la señal combinada de dominio de tiempo para su uso para la localización de un objetivo.

En estas representaciones de onda cuadrática polifásica, los elementos transmisores 102 incluyen moduladores

polifásicos para generar la onda cuadrática polifásica con una serie de estados en fase y los elementos transmisores 102 pueden transmitir en serie cada estado de la fase de la onda con una compensación de tiempo entre los mismos simultáneamente en cada una de las antenas de transmisión.

En estas representaciones de onda cuadrática polifásica, las versiones separadas de la frecuencia de cada uno de los estados de fase de la forma de onda que simultáneamente se transmiten sobre cada una de las antenas 104 son ortogonales en frecuencia. En algunas representaciones, las formas de onda se transmiten en cada una de las antenas con una frecuencia espaciada. El espaciamiento de frecuencia puede ser inversamente proporcional a una longitud de código de las formas de onda.

En algunas representaciones de onda cuadrática polifásicas, un modulador polifásico para cada elemento transmisor 102 puede generar una forma de onda para cada antena de transmisión a partir de un código de fase cuadrático. Los estados de fase de la forma de onda pueden determinarse a partir de (π n2)/N, donde n es un número de estado en fase y oscila entre uno y un número total de los estados en fase, y donde N es un número total de los estados de fase. En algunas representaciones, N podría ser mayor o igual a 16 y menor o igual a 128, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones de onda cuadrática polifásica, el circuito de A/D 110 puede ser circuito de alta velocidad de conversión de analógico a digital que puede usarse para muestrear directamente una señal de retorno de dominio de tiempo combinada para generar una señal de dominio de tiempo digital combinada (es decir, sin conversión). En estas representaciones, podría usarse un correlador para correlacionar la señal de dominio de tiempo digital combinada con la forma de onda de transmisión polifásica cuadrática antes de la realización de la transformación de Fourier. En estas representaciones, debe señalarse que solo se transmite una forma de onda, pero hay varios Estados de fase de la onda.

En algunas representaciones de onda cuadrática polifásica que usan procesamiento de estiramiento, podría usarse un convertidor para convertir la señal de dominio de tiempo combinada mezclándolo con una versión de desfase de tiempo de un código de fase cuadrático utilizado para generar la forma de onda. En estas representaciones, el convertidor podría generar una frecuencia de salida para su uso en la identificación del objetivo.

En algunas de estas representaciones de onda cuadrática polifásica, cada elemento transmisor puede estar asociado con un elemento de la antena y los elementos de la antena pueden colocarse para cubrir sustancialmente una zona de detección de aproximadamente 360 grados en Azimut y hasta 60 grados de elevación, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, los elementos de la antena pueden abarcar un primer conjunto de elementos de antena posicionados con respecto a una primera elevación y un segundo conjunto de elementos de antena posicionados con respecto a una segunda elevación.

En algunas representaciones de onda cuadrática polifásica, el sistema de radar podría incluir un localizador de destino para localizar el destino del dominio de la frecuencia de salidas proporcionada por los circuitos de transformación de Fourier. Estas salidas de dominio de la frecuencia pueden abarcar líneas espectrales correspondientes a un canal, una puerta de rango y un Doppler asociado con el objetivo.

La FIGURA 2 es un diagrama de bloques funcional de un elemento transmisor de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención. El elemento transmisor 200 podría ser adecuado para su uso como uno o más de los elementos transmisores 102 (FIG. 1), aunque otros circuitos de emisor o módulos transmisores también podrían ser adecuados.

En algunas representaciones de forma de onda pseudo-ortogonales, el elemento transmisor 200 puede abarcar el modulador de fase 202 para modular en fase la señal de RF 217 con el código pseudo-ortogonal 215 para generar la forma de onda pseudo-ortogonal 203 para su transmisión por uno de los elementos de antena 104 (FIG. 1). En la figura 2, la señal de RF 217 puede corresponder a una de las señales de RF 117 (FIG. 1), el código pseudo-ortogonal 215 podría corresponderse con una de las formas de onda pseudo-ortogonales 103 (FIG. 1).

El modulador de fase 202 podría ser cualquier tipo de modulador de fase. En algunas representaciones, el modulador de fase 202 podría ser un modulador de bi-fase para modular en fase la señal RF 217 con una fase de prácticamente cero grados o prácticamente ciento ochenta grados de acuerdo con unos y ceros del código pseudo-ortogonal 215, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, el modulador de fase 202 puede ser un modulador de poli-fase.

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonal, el elemento transmisor 200 podría incluir un registro de cambio 204 y un elemento de carga de forma de onda 206. El registro de desplazamiento 204 podría proporcionar en serie fragmentos de código pseudo-ortogonal 215 a modulador de fase 202, y el elemento de forma de onda de carga 206 puede proporcionar el código pseudo-ortogonal asociado 215 para cambiar el registro 204. En algunas representaciones, cada elemento de forma de onda de carga 206 de los elementos transmisores 102 (FIG. 1) podría almacenar un código ortogonal único pseudo-ortogonal 114 (FIG. 1) por medio de un bus u otra vía de comunicación permitiendo que diferentes códigos pseudo-ortogonales se reciban a partir del generador de código

114 (FIG. 1). En esas representaciones, un elemento de forma de onda de carga 206 puede abordarse permitiendo que se actualice el código pseudo-ortogonal. La carga accesible podría proporcionar agilidad de código para permitir aumentar el aislamiento de canal a canal de lo que sería posible con un conjunto de un único código, lo que podría tener como resultado una mayor probabilidad de detección, incluso para situaciones de proyectiles múltiples.

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonal, la carga de elemento de forma de onda 206 puede almacenar temporal o permanentemente un generador de código pseudo-ortogonal en el mismo. En estas otras representaciones, el generador de código pseudo-ortogonal 114 (FIG. 1) puede ser opcional y puede no necesariamente ser parte del sistema 100, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, el elemento transmisor 200 puede incluir un amplificador de potencia 208 para amplificar la onda pseudo-ortogonal proporcionada por el modulador de fase 202 para la transmisión de un elemento de antena asociado. En algunas representaciones, la onda pseudo-ortogonal 103 puede ser una onda de RF modulada bifásica.

En algunas representaciones, el elemento transmisor 200 puede incluir otros elementos (no ilustrados) que pueden ser útiles para la modulación y amplificación de señales para la transmisión. Por ejemplo, en algunas representaciones de radar de impulso, el elemento transmisor 200 puede incluir un elemento de conmutación para permitir que una señal RF 217 se pulse antes de la modulación, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques funcionales de circuitos de procesamiento y control de forma de onda de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención. Los circuitos de procesamiento y controlador de onda 300 pueden ser adecuados para su uso como procesamiento de forma de onda y controlador de circuitos de 112 (FIG. 1), aunque también otros circuitos podrían ser adecuados. El procesamiento de forma de onda y circuitos controladores 300 podrían incluir procesador de forma de onda 302 para operar en una forma de onda digital única 301, que puede corresponder a una forma de onda digital única 111 (FIG. 1). En estas representaciones, la forma de onda digital única 301 puede incluir componentes de señal de retorno recibidos a partir de cada uno de los elementos de antena 104 (FIG. 1).

El procesador de forma de onda 302 puede abarcar uno o más correladores 304 para realizar correlaciones en forma de onda digital 301 con cada uno de un grupo de códigos pseudo-ortogonales 315 para generar señales de salida de correlación 305. Los códigos pseudo-ortogonales 315 pueden corresponder a los códigos pseudo-ortogonales 115 (FIG. 1) y podrían incluir todos los códigos utilizados en la generación de la forma de onda transmitida. El procesador de forma de onda 302 también puede abarcar circuitos de transformación fast-Fourier (FFT) 306 para realizar FFTs en señales de correlación de salida 305 a partir de uno o más correladores 304 para su uso en la estimación de una trayectoria de un objetivo.

En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonales, los correladores 304 pueden abarcar un solo correlador para realizar individualmente (por ejemplo, en serie o secuencialmente) una correlación en forma de onda digital única 301 para cada uno de los códigos pseudo-ortogonales 315. En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonal, los correladores 304 pueden abarcar un grupo de correladores individuales para realizar correlaciones simultáneas con más de uno de los códigos pseudo-ortogonales 315 en una forma de onda digital 301, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, cada uno de los códigos pseudo-ortogonales 315 puede guardarse en el elemento de almacenamiento 314 y pueden ser proporcionados por el generador de código pseudo-ortogonal 114 (FIG. 1), aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, el procesamiento de forma de onda y el circuito controlador 300 también podría incluir un calculador de la trayectoria 308 para interpolar entre las señales de salida de correlación 305 asociadas con elementos de antena diferentes (es decir, códigos distintos) para calcular una posición angular (por ejemplo, un ángulo del acimut o ángulo de elevación) del objetivo.

En algunas representaciones, circuitos de procesamiento y controlador de forma de onda 300 también pueden incluir el extrapolador de la ubicación de la fuente 310 para calcular una ubicación de origen del objetivo basada en la trayectoria del objetivo. En algunas representaciones, el extrapolador de localización de fuente 310 puede extrapolar la trayectoria para determinar una ubicación de origen. Esto se describe en más detalle a continuación.

En algunas representaciones, los circuitos de procesamiento y controlador de onda 300 pueden también incluir un controlador del sistema 312 que podría ayudar a controlar el funcionamiento general del sistema 100 (FIG. 1). En algunas representaciones, el controlador de sistema 312 podría generar una señal de control 313 que podría utilizarse para iniciar o lanzar un arma de contador en la ubicación de origen. En algunas representaciones, la señal de control 313 se puede utilizar para interceptar al objetivo. En estas representaciones, la señal de control 313 podría incluir coordenadas de ubicación de la ubicación de origen o puede incluir información de la trayectoria. Estas representaciones también se describen en más detalle a continuación.

Aunque el sistema de radar 100 (FIG. 1), el elemento transmisor 200 (FIG. 2) y la onda de procesamiento y el controlador de circuitos de 300 (FIG. 3) se ilustran con varios elementos funcionales independientes, uno o más de los elementos funcionales se pueden combinar y pueden implantarse por combinaciones de elementos configurados por software, como procesamiento de elementos incluyendo procesadores digitales de señales (DSPs), y/u otras combinaciones de elementos de hardware. Por ejemplo, algunos elementos pueden incluir uno o más microprocesadores, DSPs, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASICs) y combinaciones de varios circuitos de hardware y lógica para realizar al menos las funciones descritas en este documento. En algunas representaciones, un elemento de procesamiento puede llevar a cabo las operaciones de la calculadora de la trayectoria 308, el extrapolador de la fuente 310 y el controlador del sistema 312, por ejemplo, aunque el alcance de la invención no está limitado a este respecto.

Las Figuras 4A, 4B y 4C ilustran entornos operativos de un sistema de radar de acuerdo con algunas representaciones de la invención presente. La Figura 4A muestra un ejemplo de la extrapolación de la ubicación de un francotirador basada en la trayectoria de la bala de un francotirador. La Figura 4B ilustra un ejemplo de la detección y la interceptación de una granada de propulsión por cohete. La Figura 4C ilustra un ejemplo de la detección de la carcasa del mortero entrante de una fuente fuego y la extrapolación de la trayectoria del mortero.

En entornos operativos 400 (FIG. 4A), 401 (FIG. 4B) y 403 (FIG. 4 C), el sistema de radar 402 podría corresponderse al sistema de radar 100 (FIG. 1). En algunas representaciones, el sistema de radar 402 puede estimar la trayectoria 405 del objetivo 404 blanco (por ejemplo, bala, RPG o carcasa de mortero) y podría extrapolar la ubicación fuente 406 a partir de la trayectoria 405. En algunas representaciones, el sistema de radar 402 pueda ser localizable en una plataforma móvil o vehicular 408, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

Refiriéndose a la FIG. 3, en algunas representaciones, circuitos FFT 306 pueden realizar FFTs en señales de correlación de salida 305 a partir de uno o más correladores 304 para su uso en la estimación de la trayectoria 405 del blanco 404. En algunas representaciones, la calculadora de la trayectoria 308 puede calcular una velocidad y/o aceleración de destino 404 basado en muestras de dominio de la frecuencia proporcionadas por el circuito FFT 306. En algunas representaciones, la calculadora de trayectoria 308 también puede estimar un rango del objetivo 404 basado en una muestra tipo de convertidores A/D 110 (FIG. 1) utilizada para digitalizar las señales de retorno 109 (FIG. 1), aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, la calculadora de trayectoria 308 puede calcular la trayectoria 405 usando una posición angular, una velocidad y/o aceleración y un rango. La posición angular podría incluir un ángulo acimutal y/o un ángulo de elevación. En algunas representaciones, la calculadora de la trayectoria 308 puede identificar la particular de uno o más elementos de antena 104 (FIG. 1) que reciben las señales de retorno basadas en los resultados de correlación para determinar el ángulo de acimut o el ángulo de elevación de la meta. En algunas representaciones, la calculadora de trayectoria 308 puede refinar el cálculo del ángulo acimut o elevación basado en la magnitud relativa de las correlaciones asociadas con los diferentes elementos de antena.

En algunas representaciones, la trayectoria puede ser definida por un ángulo del acimut, un ángulo de elevación, velocidad o una aceleración/deceleración, o un rango de un objetivo. En algunas representaciones, la calculadora de trayectoria 308 podría también estimar la trayectoria de un proyectil 405 basada en una sección transversal del radar del objetivo 404. La sección transversal del radar puede proporcionar una firma para el tipo de arma.

En algunas representaciones, el extrapolador de ubicación de fuente 310 puede estimar la localización de la fuente 406 del objetivo 404 en base en la trayectoria 405. En algunas representaciones, el extrapolador de ubicación de fuente 310 puede extrapolar la trayectoria 405 para determinar la ubicación de origen 406. En algunas representaciones, la ubicación de origen 406 puede ser la ubicación desde donde podría haberse lanzado el objetivo 404.

En algunas representaciones, la ubicación de fuente 406 puede definirse en términos de coordenadas relativas al sistema 402. En otras representaciones, la ubicación de la fuente 406 podría definirse en términos de coordenadas geográficas o posicionamiento global absolutos, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, el sistema 402 puede incluir un sistema receptor de posicionamiento como un receptor GPS de posicionamiento global (no se ilustra por separado) para generar coordenadas de ubicación geográfica del sistema 402 y coordenadas de ubicación de la ubicación de la fuente 406 partiendo de las coordenadas de ubicación del sistema 402. En algunas representaciones, las coordenadas de ubicación geográfica de la ubicación de origen de 406 pueden enviarse a otro sistema para destruir o eliminar la fuente, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, controlador de sistema 312 puede generar una señal de control 313 para controlar y/o dirigir/guiar el interceptador 410 hacia el objetivo 404 con base en trayectoria 405. En estas representaciones, el interceptor 410 puede haber sido lanzado previamente y dirigirse hacia el objetivo 404 una vez que se ha determinado la trayectoria 405 del objetivo 404. El interceptador 410 puede incluir cualquier tipo de arma o proyectil, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

En algunas representaciones, el objetivo 404 puede abarcar por lo menos uno entre un proyectil de entrada, una bala, un cohete, una granada de propulsión de cohete (RPG) y una munición en red. En algunas representaciones, los elementos de antena del sistema 402 pueden estar dispuestos juntos para cubrir una zona de detección de hasta aproximadamente 360 grados en Azimut y un ángulo de detección de hasta 60 grados o más de elevación. Se describe en más detalle a continuación.

Las figuras 5B y 5A ilustran configuraciones de elemento de antena de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención. En la figura 5A, la configuración de antena 501 comprende un grupo de de elementos de antena 503 dispuestos en círculo en una sola capa. En estas representaciones, cada uno de los elementos de la antena 503 puede corresponder a uno de los elementos de antena 104 (FIG. 1). En la figura 5B, la configuración de antena 505 comprende un primer conjunto 502 de elementos de antena 507 y un segundo conjunto 504 de elementos de antena 507. En estas representaciones, cada uno de los elementos de la antena 507 puede corresponder a uno de los 104 elementos de antena (FIG. 1). El primer conjunto 502 puede colocarse con respecto a una primera elevación y el segundo conjunto 504 puede colocarse con respecto a una segunda elevación. La configuración de la antena 505 puede utilizarse para proporcionar una mejor resolución de la elevación angular. En algunas representaciones de la forma de onda pseudo-ortogonales, la calculadora de trayectoria 308 (FIG. 3) podría estimar un ángulo de elevación de un objetivo basado en diferencias entre las señales de correlación de la salida 305 (FIG. 3) asociadas con los códigos que se usan en la transmisión de las formas de onda pseudo-ortogonales en los elementos de antena del primer conjunto 502 y el segundo conjunto 504 de la configuración 505, aunque también podría usarse la configuración 501 para calcular un ángulo de elevación de un objetivo.

En algunas representaciones, los elementos de la antena 503 pueden abarcar antenas de trompeta, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, los elementos de la antena 507 pueden abarcar antenas de bocina en una configuración apilada, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, el número de elementos de antena de cualquier configuración 501 o 505 puede variar desde solo cuatro hasta dieciséis o más, dependiendo de los requisitos de la aplicación y el ancho de haz de los elementos de la antena.

La Figura 6 ilustra un campo de detección y un ángulo de detección de un sistema de radar de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención. Los elementos de la antena 601 pueden estar colocados en circunferencia para, en combinación, cubrir la zona de detección 602 hasta aproximadamente 360 grados en Azimut y ángulo de detección 604 de hasta sesenta grados o más en elevación, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. Los elementos de antena 601 pueden corresponder a elementos de la antena 503 (Fig. 5A) o elementos de antena 507 (FIG. 5B).

Aunque algunas representaciones de la presente invención se describen a respecto de elementos de la antena colocados en circunferencia, esto no es un requisito. En otras representaciones, los elementos de la antena pueden colocarse de otras maneras, como en una superficie plana, esférica u otra, dependiendo de la aplicación.

Las FIGURAS. 7, 7B y 7 C ilustran ejemplos de ubicaciones de destino en haces de antena y magnitudes de correlaciones asociadas de señales de salida según algunas representaciones de la presente invención. La FIGURA 7A ilustra tres haces de antena (antena A, antena B y antena C) que pueden corresponder a los haces de la antena de tres elementos de antena 104 (FIG. 1). La FIGURA 7B ilustra la magnitud relativa de las correlaciones producidas por la correlación de las señales de vuelta asociando las tres antenas de la FIG. 7A para un objetivo en la posición P1. Las correlaciones pueden proporcionarse como salidas de correlación de los correladores 304 (FIG. 3) realizando correlaciones en forma de onda digital única 301 (FIG. 3).

Como se ilustra en la figura 7B, la antena B proporciona la mayor magnitud de correlación, mientras que las antenas A y C proporcionan magnitudes de salida inferior y magnitudes de correlación de salida aproximadamente iguales. Esto puede indicar que el objetivo se encuentra en una posición angular hacia el centro del haz de la antena asociado con la antena B.

Como se ilustra en la figura 7, las antenas A y B proporcionan una correlación mayor y aproximadamente iguales magnitudes de correlación de salida, mientras que la antena C proporciona una magnitud de correlación de salida mucho menor. Esto puede indicar que el objetivo está ahora situado en una posición angular aproximadamente igual entre A y B y más lejos de la antena C.

Las salidas de correlación para la antena A ilustrados en las Figs. 7B y 7C pueden ser generados por correlacionar el código pseudo-ortogonal utilizado en la generación de la onda pseudo-ortogonal que fue transmitida por la antena con la señal de retorno combinada. Las salidas de correlación para la antena B ilustradas en las Figs. 7B y 7C se pueden generar al correlacionar el código pseudo-ortogonal utilizado en la generación de la onda pseudo-ortogonal que se transmitió en la antena B con la señal combinada de retorno. Las salidas de correlación para la antena C ilustrados en las FIGURAS. 7B y 7C se pueden generar al correlacionar el código pseudo-ortogonal utilizado en la generación de la onda pseudo-ortogonal que se transmitió en la antena C con la señal de retorno combinada.

En algunas representaciones, los elementos de la antena pueden disponerse para cubrir varios ángulos de elevación

y acimut. Como se ilustra en las figuras 7A, 7B y 7C, las salidas de correlación pueden usarse para estimar con precisión la posición angular de un objetivo. En algunas representaciones, los haces de antena ilustrados en la Figura 7A se pueden dirigir a cubrir diversos ángulos de elevación.

La Figura 8 muestra ejemplos de valores de bit para la modulación de fase de formas de onda pseudo-ortogonales según algunas representaciones de forma de onda pseudo-ortogonales de la presente invención. En este ejemplo, dieciséis formas de onda de transmisión ortogonal modulada de 64-bits bifásica 802 se ilustran y pueden utilizarse para la transmisión en dieciséis de los elementos de antena 104 (FIG. 1). Los valores de bit para cada forma de onda pueden estar asociados con los números de bit 804 y pueden corresponder a fragmentos de los códigos pseudo-ortogonales, como códigos de pseudo-ortogonales 115 (FIG. 1). En estas representaciones, el producto escalar entre dos de los códigos puede ser prácticamente cero (por ejemplo, más de 20 dB por debajo del pico de correlación).

La Figura 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento operativo de un sistema de radar de acuerdo con algunas representaciones de la presente invención. El procedimiento de la operación 900 puede realizarse por un sistema de radar de onda pseudo-ortogonal, como las representaciones de forma de onda pseudo-ortogonal de sistema de radar 100 (FIG. 1), aunque otras configuraciones de sistema de radar de ondas pseudo-ortogonal también pueden ser adecuados para realizar el procedimiento 900.

La operación 902 genera un conjunto de formas de onda pseudo-ortogonal basado en códigos pseudo-ortogonales. En algunas representaciones, una señal de RF puede ser fase-modulada por cada uno de un conjunto de moduladores de fase con las fases de prácticamente cero y ciento ochenta grados basado en bits de un elemento asociado a los códigos pseudo-ortogonales. En algunas representaciones, los códigos pseudo-ortogonales podrían generarse y almacenarse para su uso por los moduladores de fase. En algunas representaciones, los elementos transmisores 102 (FIG. 1) pueden realizar la operación 902.

La operación 904 incluye la transmisión de cada una de las formas de onda pseudo-ortogonales en un elemento de antena asociada, como elementos de antena 104 (FIG.1). En algunas representaciones, las formas de onda pseudo-ortogonales pueden transmitirse en cada uno de los elementos de la antena. En algunas representaciones, la generación y transmisión de las formas de onda pseudo-ortogonales en las operaciones 902 y 904 puede realizarse prácticamente de forma simultánea, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

La operación 906 consta de recepción de las señales de retorno a través de por lo menos algunos de los elementos de la antena y combinando y digitalizando las señales de retorno para generar una forma de onda digital única, como forma de onda digital única 111 (FIG. 1). La operación 906 puede realizarse mediante elementos receptores del sistema 100 (FIG. 1) como combinador de señal 106 (FIG. 1), circuito de receptor 108 (FIG. 1) y convertidores A/D 110 (FIG. 1), aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

La operación 908 incluye realizar correlaciones en la forma de onda digital única para cada uno de los códigos pseudo-ortogonales utilizados para generar la forma de onda pseudo-ortogonal transmitida en la operación 904. Una correlación con el código pseudo-ortogonal 10 puede utilizarse para determinar la posición angular del objetivo basado en cuál de las antenas transmite la forma de onda asociada. En algunas representaciones, una interpolación entre correlaciones de más de un elemento de la antena se puede utilizar para mejorar la estimación angular de la posición del objetivo. En algunas representaciones en las que las antenas se colocan tanto en ángulo acimutal como en el ángulo de elevación, como se ilustra en las FIGs. 5A y 5B, podría usarse una interpolación entre la señales de salida de correlación para estimar la posición angular del objetivo en Azimut y elevación, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, las correlaciones se pueden realizar en serie para cada código pseudo-ortogonal, mientras que en otras representaciones, algunas de las 20 correlaciones pueden realizarse de forma simultánea. En algunas representaciones, la operación 908 puede realizarse por medio de correladores 304 (FIG. 3) del procesador de forma de onda 302 (FIG. 3), aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

La operación 910 incluye realizar una FFT de las señales de salida de correlación generadas en la operación 908. La FFT puede generar muestras de dominio de la frecuencia que pueden utilizarse para determinar la velocidad o aceleración del objetivo. En algunas representaciones, se puede realizar la operación 910 por circuitos FFT 306 (FIG. 3).

La operación 912 incluye determinar una trayectoria del objetivo. La trayectoria puede ser determinada desde la posición angular, velocidad, aceleración, y/o rango del objetivo. La operación 912 puede realizarse por medio de una calculadora de la trayectoria 308 (FIG. 3) que puede utilizar una velocidad de muestreo del convertidor A/D para determinar la información del rango, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido. En algunas representaciones, la operación 912 puede abarcar también la generación de una señal de control para lanzar un interceptor al objetivo basado en la trayectoria, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.
La operación 914 comprende la extrapolación de una ubicación de origen basada en la trayectoria. La operación 914 puede ser opcional y puede realizarse por medio de un extrapolador de localización de origen 310 (FIG. 3). En algunas representaciones, la operación 912 puede abarcar también la generación de una señal de control para

lanzar un interceptor en el objetivo basado en la trayectoria, aunque el alcance de la invención no está limitado en este sentido.

Aunque se ilustran las operaciones individuales del procedimiento 900 y se describen como operaciones separadas, uno o más de las operaciones individuales se pueden realizar al mismo tiempo, y no es necesario que las operaciones se realicen en el orden ilustrado. A no ser que se indique específicamente lo contrario, términos tales como procesamiento, cómputo, cálculo, determinación, mostrar o similares, pueden referirse a una acción o proceso de un sistema o más de procesamiento o de computación o dispositivos similares que pueden manipular y transformar datos representados en forma de cantidades físicas (por ejemplo, electrónicas) dentro de un sistema de procesamiento de registros y memoria en otros datos representados de forma similar como cantidades físicas dentro del sistema de procesamiento de registros o memorias, u otros dispositivos de almacenamiento de información, transmisión o visualización.

La Figura 10 ilustra un espectro de frecuencias asociado a un sistema de radar de forma de onda polifásica cuadrática de acuerdo con algunas representaciones de la presente publicación. Como se ilustra en la Fig. 10, algunas representaciones del sistema de radar de onda cuadrática polifásico pueden proporcionar lóbulos laterales secundarios de rango cercano a cero. La capacidad de aprovechar el proceso de estiramiento puede permitir el uso de circuitos de conversión de analógico a digital de banda estrecha sin una reducción en la resolución del rango.

La Figura 11 muestra algunos parámetros de ejemplo para un sistema de radar de onda cuadrática polifásica según algunas representaciones de la presente publicación. Los parámetros que se ilustran en la FIG. 11 pueden ser adecuados para una configuración de 360 grados de un sistema de radar de onda cuadrática polifásica. En algunas de estas representaciones, puede usarse una frecuencia de radar de alrededor de 6 GHz con una velocidad máxima del objetivo de 300 metros por segundo. En estas representaciones, sesenta y cuatro canales de transmisión (es decir, antenas) podrían utilizarse con un espaciamiento de frecuencia de alrededor de 30 KHz.

Esto puede proporcionar un Doppler +/-12 KHz. Puede usarse una longitud de código de 2 MHz a para proporcionar 64 canales de Doppler que permiten al sistema proporcionar unas 125 puertas de rango de aproximadamente 4 nanosegundos que tienen como resultado una resolución de unos 0,6 metros.

Reinvidicaciones

1. Un sistema de radar que incluye:

un generador de código (114) configurado para generar un grupo de códigos pseudo-ortogonales (115), en donde un producto escalar de dos de los códigos de pseudo-ortogonales es prácticamente cero;
elementos transmisores (102) cada uno configurado para transmitir simultáneamente uno de un grupo de formas de onda pseudo-ortogonal (103) en un elemento asociado de un grupo de elementos de antena (104), donde se generan las formas de onda pseudo-ortogonales (103) de un elemento correspondiente de los códigos pseudo-ortogonales (115);
circuitos (106) (110) configurados para combinar y digitalizar las señales de retorno recibidas por los elementos de la antena (104) y generar una sola forma de onda digital (111);
y un procesador de forma de onda (302) (112) configurado para realizar correlaciones en la forma de onda digital única combinada (111),
donde las señales de retorno recibidas por los elementos de la antena se combinan directamente sin modificación previa independiente.

2. El sistema de la reivindicación 1 en donde cada uno de los elementos del transmisor (102) consta de un modulador de fase (202) para modular en fase una señal de radiofrecuencia (RF) (117) con uno de los códigos pseudo-ortogonales (115) para generar la forma de onda pseudo-ortogonal correspondiente (103) para la transmisión por el elemento asociado de los de la antena (104).

3. El sistema de la reivindicación 2 donde el modulador de fase (202) de cada elemento transmisor (102) incluye un modulador bi-fase a fase modular la señal de RF (217) con una fase de prácticamente cero grados o prácticamente ciento ochenta grados de acuerdo con unos y ceros del elemento asociado de los códigos pseudo-ortogonales (115), en donde cada elemento transmisor (102) también comprende:

un cambio de registro (204) para serie ofrecer fragmentos del elemento asociado de los códigos pseudo-ortogonales (115) para el modulador de fase (202); y
un elemento de forma de onda de carga (206) para proporcionar el código pseudo-ortogonal asociado (115) al registro de desplazamiento.

4. El sistema de la reivindicación 2 donde el procesador de forma de onda (302) incluye:

uno o más correladores (304) para correlacionar la forma de onda digital única (111) con cada uno de los códigos pseudo-ortogonales (115);
y circuitos de transformación rápida de Fourier (FFT) (306) para realizar transformaciones rápidas de Fourier (FFTs) en señales de salida de correlación (305) de los correladores de uno o más (304) para el uso en la estimación de una trayectoria (405) de un objetivo (404),
donde el sistema también comprende:

una calculadora de la trayectoria (308) para interpolar entre las señales de salida de correlación (305) asociadas a diferentes antenas para calcular un ángulo de Azimut del objetivo;
un extrapolador de ubicación de la fuente (310) para calcular una ubicación de origen (406) del objetivo (404) basada en la trayectoria (405); y
un controlador de sistema (312) para generar una señal de control (313) para lanzar un arma de contador en el lugar de origen (406).

5. Un método para operar un sistema de radar que incluye:

generando un grupo de códigos pseudo ortogonales (115), en donde un producto escalar de dos de los códigos pseudo-ortogonales es prácticamente cero;
Transmisión de cada uno de un grupo de formas de onda pseudo-ortogonales (103) 2 con elementos de antena separados respectiva espacialmente (104), donde cada elemento de la antena está configurado para transmitir simultáneamente una de las formas de onda pseudo-ortogonales, y donde se generan las formas de onda pseudo-ortogonales a partir de uno de los elementos correspondientes de los códigos pseudo-ortogonales; combinar y digitalizar las señales de retorno recibidas a través de los elementos de la antena para generar una sola forma de onda digital (111);
y llevar a cabo correlaciones en la forma de onda digital combinada (111) con los códigos pseudo-ortogonales asociados a las formas de onda pseudo-ortogonales,
en donde las señales de retorno recibidas por los elementos de la antena se combinan directamente sin modificación previa independiente;

6. El método de la reivindicación 5 que también incluye la modulación de fase de una señal de radiofrecuencia (RF) con uno de los códigos pseudo-ortogonales para generar una forma de onda pseudo-ortogonal asociada para la transmisión de uno de los elementos de la antena.

7. El sistema de la reivindicación 6 donde el modulador de fase incluye la modulación bifásica de la señal de RF (217) con una fase de prácticamente cero grados o prácticamente ciento ochenta grados de acuerdo con unos y ceros del elemento asociado de los códigos pseudo-ortogonales, y donde el sistema también incluye:

proporciona bits en serie del elemento asociado de los códigos pseudo-ortogonales para la modulación de fase de la señal de RF.

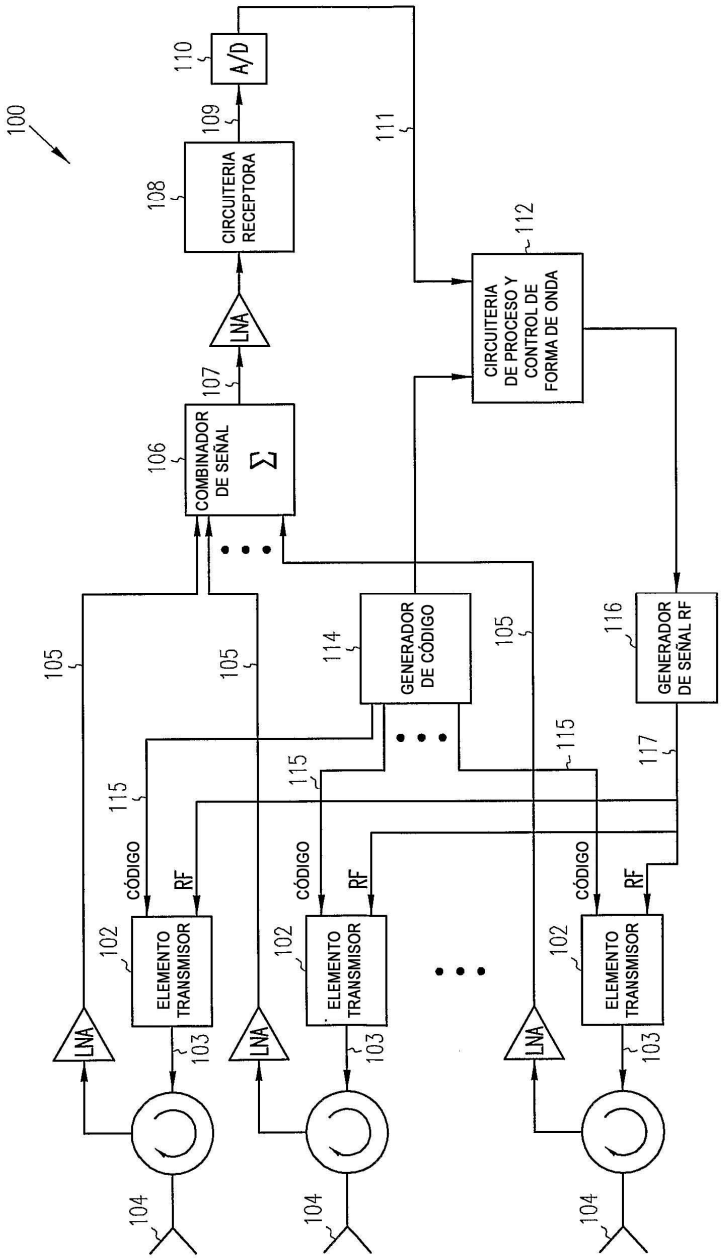
100
LNA
ELEMENTO TRANSMISOR
CÓDIGO
RF
102
103
104
105
115
COMBINADOR DE SEÑAL
Σ
106
107
CIRCUITERIA RECEPTORA
108
109
A/D
110
111
CIRCUITERIA DE PROCESO Y CONTROL DE FORMA DE ONDA
112
GENERADOR DE CÓDIGO
114
GENERADOR DE SEÑAL RF
116
117

FIG. 1

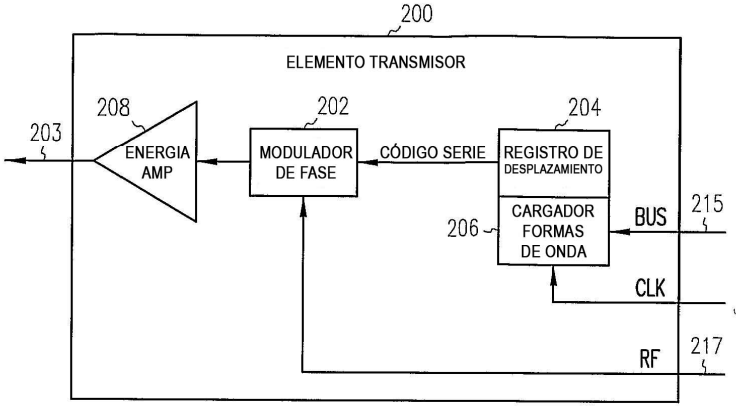
200
ELEMENTO TRANSMISOR
208
203
ENERGIA AMP
202
MODULADOR DE FASE
CÓDIGO SERIE
204
REGISTRO DE DESPLAZAMIENTO
206
CARGADOR FORMAS DE ONDA
BUS
215
CLK
RF
217

FIG. 2

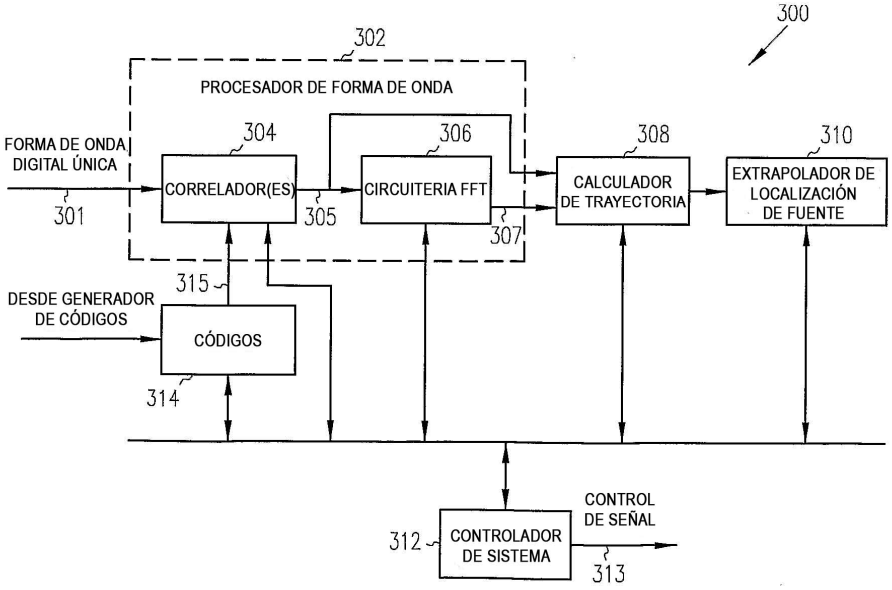
300
302
PROCESADOR DE FORMA DE ONDA
FORMA DE ONDA DIGITAL ÚNICA
301
304
CORRELADOR(ES)
305
306
CIRCUITERIA FFT
307
308
CALCULADOR DE TRAYECTORIA
310
EXTRAPOLADOR DE LOCALIZACIÓN DE FUENTE
315
DESDE GENERADOR DE CÓDIGOS
CÓDIGOS
314
312
CONTROLADOR DE SISTEMA
CONTROL DE SEÑAL
313

FIG. 3

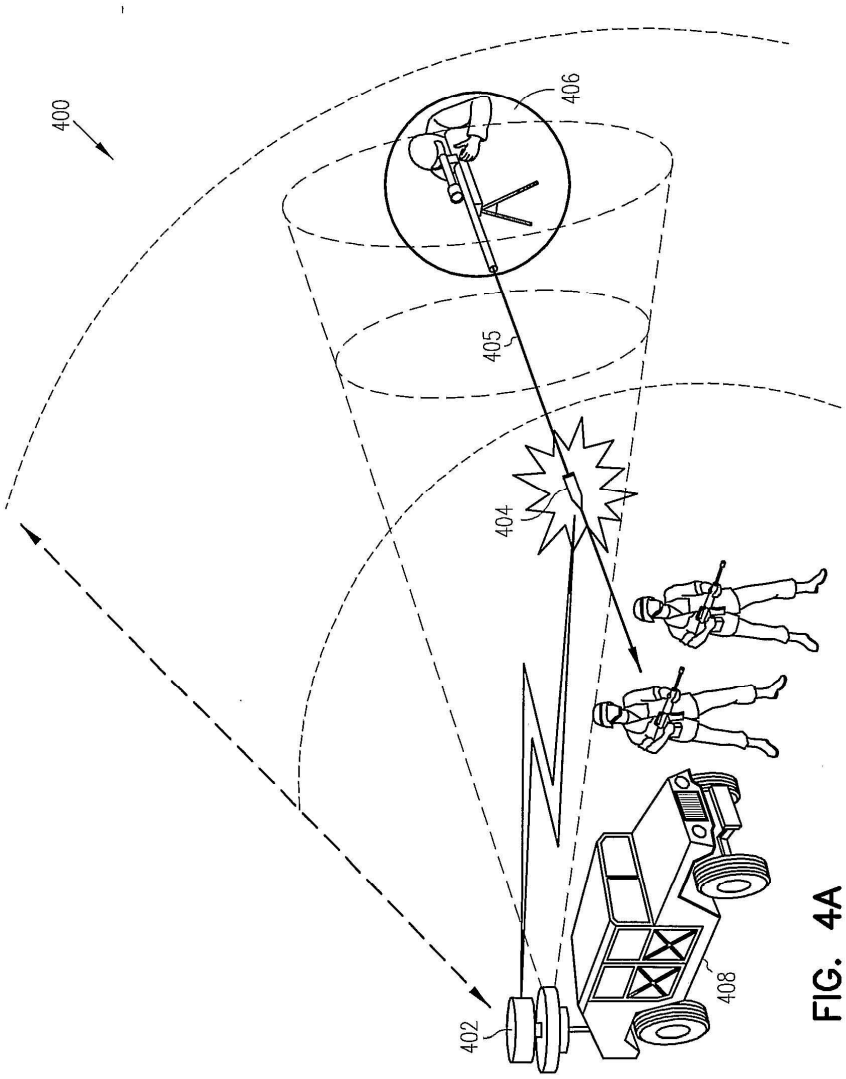

FIG. 4A

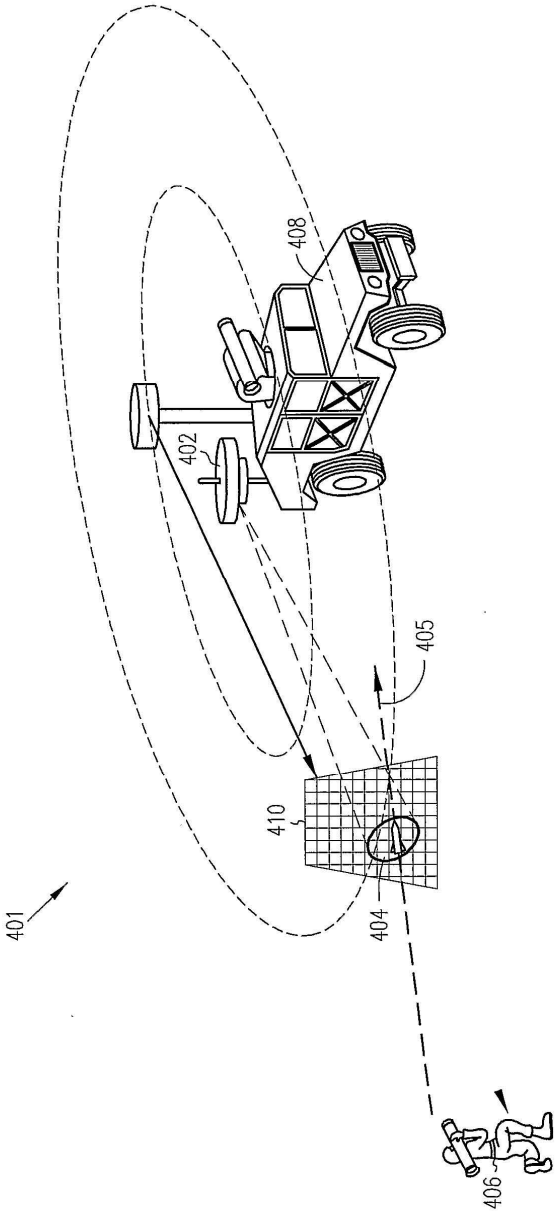

FIG. 4B

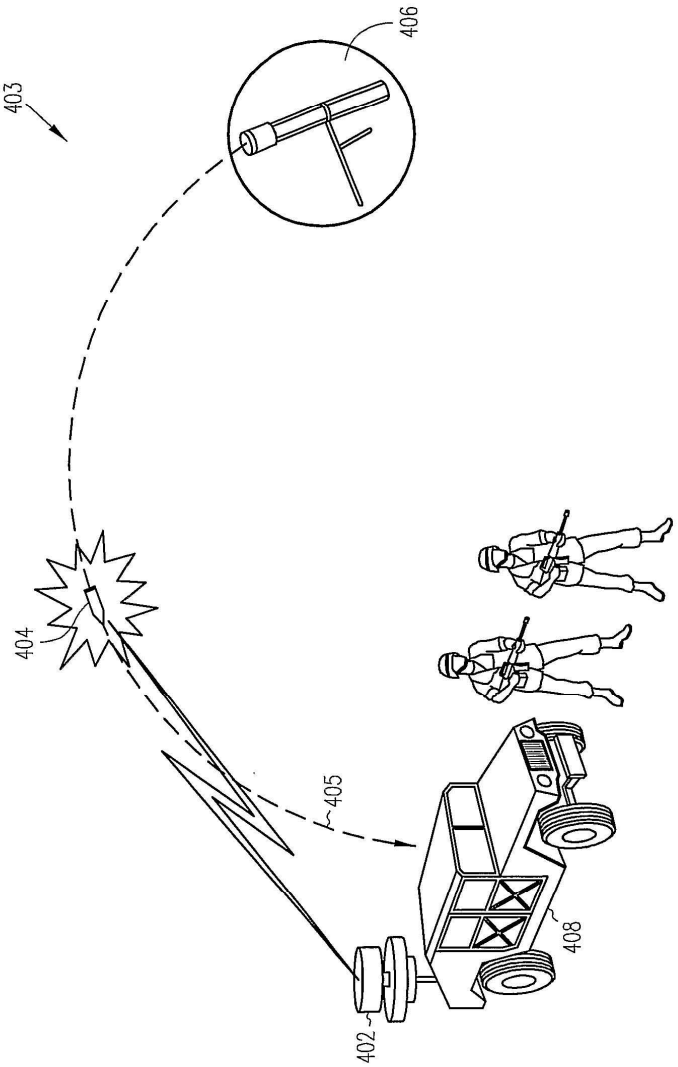

FIG. 4C

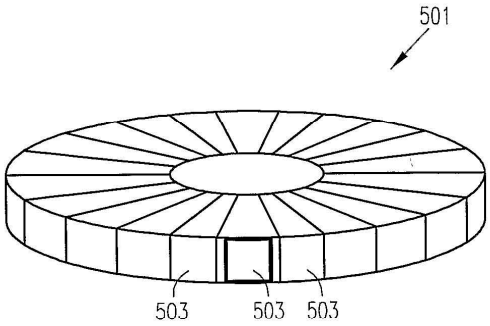

FIG. 5A

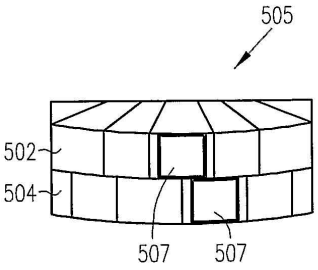

FIG. 5B

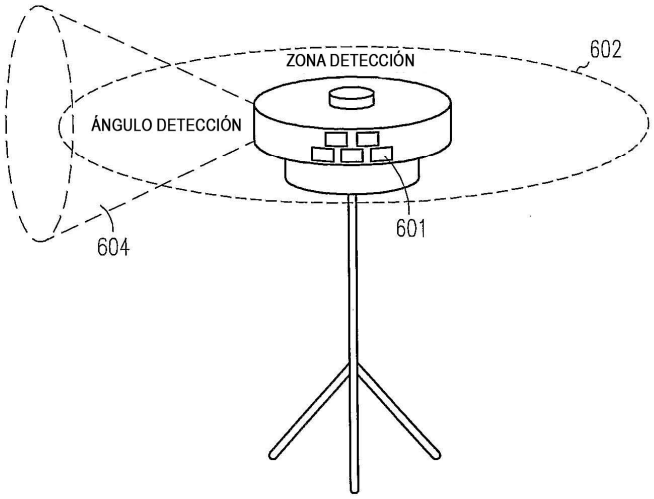

FIG. 6

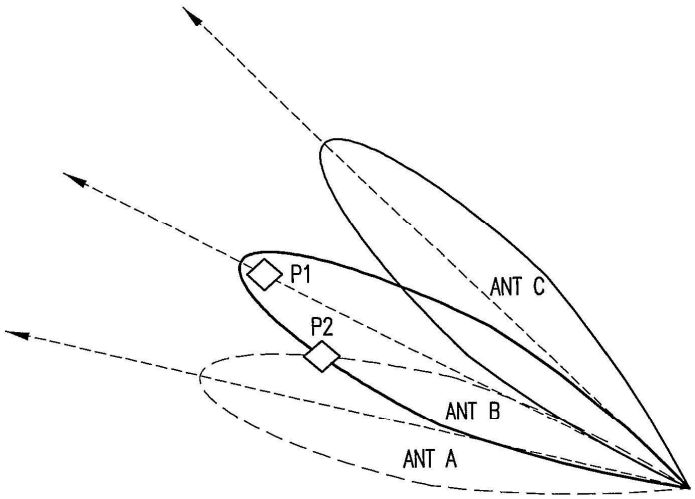

FIG. 7A

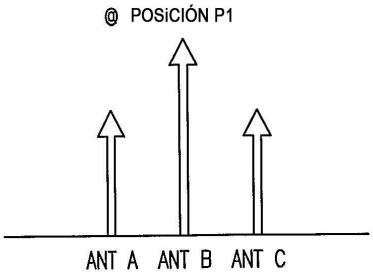

FIG. 7B

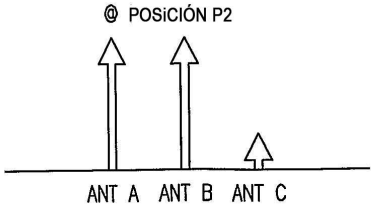

FIG. 7C

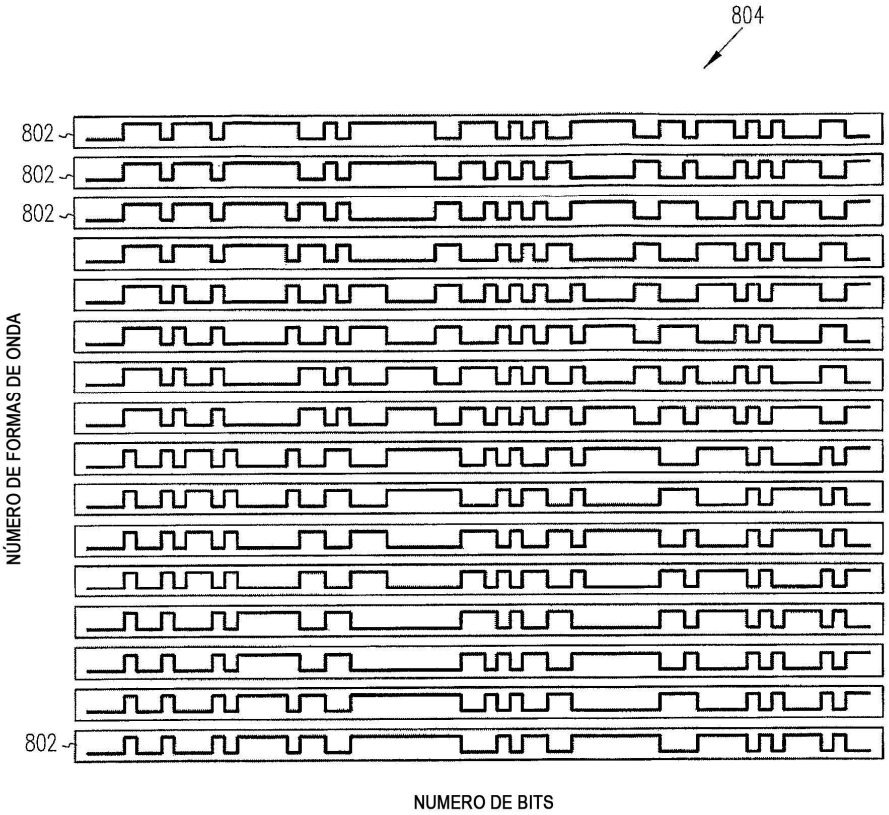

FIG. 8

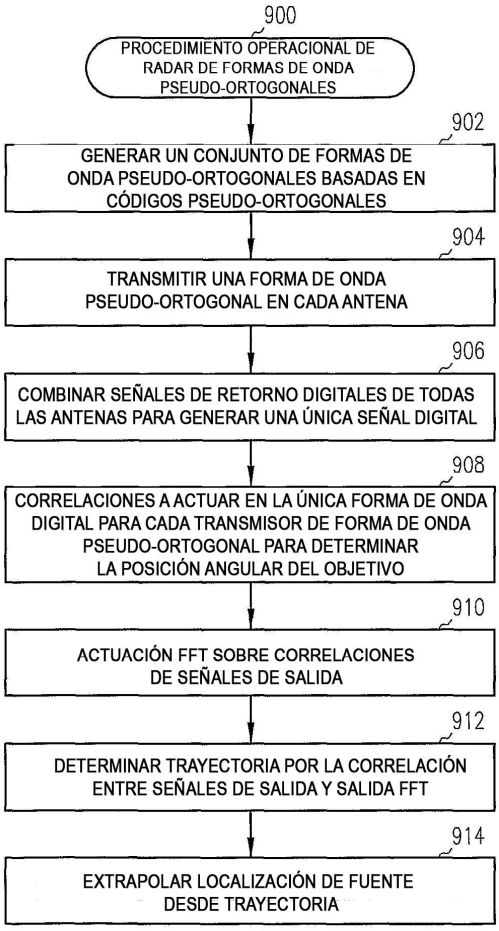
900
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL DE RADAR DE FORMAS DE ONDA PSEUDO-ORTOGONALES
902
GENERAR UN CONJUNTO DE FORMAS DE ONDA PSEUDO-ORTOGONALES BASADAS EN CÓDIGOS PSEUDO-ORTOGONALES
904
TRANSMITIR UNA FORMA DE ONDA PSEUDO-ORTOGONAL EN CADA ANTENA
906
COMBINAR SEÑALES DE RETORNO DIGITALES DE TODAS LAS ANTENAS PARA GENERAR UNA ÚNICA SEÑAL DIGITAL
908
CORRELACIONES A ACTUAR EN LA ÚNICA FORMA DE ONDA DIGITAL PARA CADA TRANSMISOR DE FORMA DE ONDA PSEUDO-ORTOGONAL PARA DETERMINAR LA POSICIÓN ANGULAR DEL OBJETIVO
910
ACTUACIÓN FFT SOBRE CORRELACIONES DE SEÑALES DE SALIDA
912
DETERMINAR TRAYECTORIA POR LA CORRELACIÓN ENTRE SEÑALES DE SALIDA Y SALIDA FFT
914
EXTRAPOLAR LOCALIZACIÓN DE FUENTE DESDE TRAYECTORIA

FIG. 9

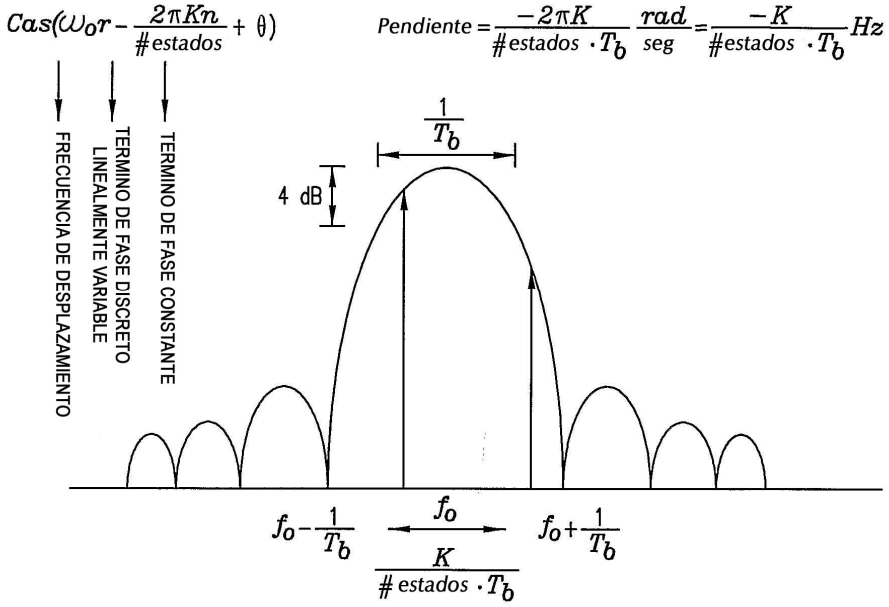
$Cos(\omega_o r - \frac{2\pi Kn}{\#estados} + \theta)$
$Pendiente = \frac{-2\pi K}{\#estados \cdot T_b} \frac{rad}{seg} = \frac{-K}{\#estados \cdot T_b} Hz$
FRECUENCIA DE DESPLAZAMIENTO
TERMINO DE FASE DISCRETO LINEALMENTE VARIABLE
TERMINO DE FASE CONSTANTE
$\frac{1}{T_b}$
4 dB
$f_o - \frac{1}{T_b}$
f_o
$f_o + \frac{1}{T_b}$
$\frac{K}{\#estados \cdot T_b}$

FIG. 10

PARAMETRO	ECUACIÓN
ECUACIÓN DE CÓDIGO	$\theta(n)=\frac{\pi n^2}{\#\,estados}$
ANCHURA DE BIT	T_b
RATIO BIT/ BW PARA RANGO PROCESADO NO AMBIGUO TOTAL	$\frac{1}{T_b}$
LONGITUD CÓDIGO	$\#estados$
RATIO REPETICIÓN DE CODIGO/RANGO DE FRECUENCIA BIN ESPACIADO	$\frac{1}{\#estados \cdot T_b}$
ANCHO DE BANDE DE SEÑAL CODIFICADA	$\frac{2}{T_b}$
RANGO DE RESOLUCIÓN	$\frac{cT_b}{2}$
RANGO NO AMBIGUO	$\frac{cT_b}{2}\#estados$

FIG. 11