

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 111**

51 Int. Cl.:

G01S 7/41 (2006.01)

G01S 13/91 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

G01S 13/95 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2010 PCT/US2010/031372**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2010 WO10121118**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2010 E 10718357 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2419755**

54 Título: **Método y aparato para integración de sensores distribuidos y radar de vigilancia en aeropuertos para mitigar puntos ciegos**

30 Prioridad:

17.04.2009 US 170250 P

20.07.2009 US 226884 P

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

26.09.2017

73 Titular/es:

RAYTHEON COMPANY (100.0%)

870 Winter Street

Waltham, MA 02451-1449, US

72 Inventor/es:

DRAKE, PETER, R. y

LOK, YUCHOI, F.

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 634 111 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).

Método y aparato para integración de sensores distribuidos y radar de vigilancia en aeropuertos para mitigar puntos ciegos

Descripción

5 ANTECEDENTES

10 Como se conoce en la técnica, hay un número de puntos ciegos significativos para ciertos tipos de radares. Por ejemplo, los puntos ciegos pueden deberse a obstrucción del terreno y/o curvatura de la Tierra, objetos hechos por el hombre como campos eólicos e interferencias creadas por campos eólicos. Tales puntos ciegos pueden degradar la actuación de radares de manera significativa.

15 Jackson et al., "Opciones para la mitigación de los efectos de campos eólicos en sistemas de radar" considera varias opciones para la mitigación de efectos de los campos eólicos.

Bannister "Cambio de uso de radar para el área de Great Wash" examina la viabilidad de utilizar un radar nuevo en al área de Great Wash del Reino Unido para proporcionar observaciones adicionales alrededor y sobre los campos eólicos del litoral.

20 Raytheon Canada Ltd. "Informe sobre técnicas avanzadas de mitigación para retirar los efectos de aerogeneradores y campos eólicos en radares Raytheon ASR-10/23SS" analiza soluciones actuales para mitigar los efectos de campos eólicos en radares de vigilancia".

25 RESUMEN

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1.

30 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema de acuerdo con la reivindicación 5.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 Las características anteriores de esta invención, así como la propia invención, puede entenderse de manera más completa a partir de la siguiente descripción de los dibujos donde:

La FIG. 1 es una representación pictórica de un sistema que tiene un radar de vigilancia en aeropuerto y un radar reemisor.

40 La FIG. 2 es una representación pictórica de un radar de vigilancia en aeropuerto con un punto ciego causado por un campo eólico.

45 La FIG. 3 es una representación esquemática de un sistema que incluye un radar reemisor para iluminar puntos ciegos en un radar de vigilancia en aeropuerto causado por un campo eólico;

La FIG. 4 es una representación gráfica de la altitud estimada de terreno en el campo eólico que se promedia para que sea aproximadamente 2.000 pies (609,6 m) cuando un avión vuela sobre el campo eólico a 16.000 pies (4.976,8 m), y la altitud estimada resultantes se convierte en 7.000 pies (2.133,6 m).

50 La FIG. 5 es una representación pictórica de un radar reemisor de haz filiforme que ilumina un punto ciego y evita un campo eólico;

55 La FIG. 6 es una representación esquemática que muestra módulos de procesamiento en un radar de vigilancia en aeropuerto y 8un radar reemisor;

La FIG. 7 es un diagrama de flujos de alto nivel que muestra el proceso rastreador con múltiples sensores.

La FIG. 8 es una representación esquemática de un sistema que proporciona una clasificación de objetivos;

60 La FIG. 9 es un diagrama de bloques que muestra un detalle adicional para el sistema de la FIG. 8;

La FIG. 10 es un diagrama de bloques que muestra un detalle adicional para el sistema de la FIG. 9;

65 La FIG. 11 es una representación gráfica del método para generar la tabla de búsquedas de proporción de amplitud versus altitud.

La FIG. 12 es un diagrama de flujos que muestra el proceso que estima la altitud ejemplar.

La FIG. 12A es una representación gráfica de datos de proporción de amplitud de haz alto liso.

5 La FIG. 13 es un diagrama de flujos que muestra el proceso ejemplar de datos en fase y de cuadratura;

La FIG. 14 es un diagrama de flujos de procesos ejemplares de probabilidad;

10 La FIG. 15 es una representación gráfica de estimación de altitud versus rango;

La FIG. 16 es un mapeo de proporción de amplitud versus diferencia de fase para un avión a 33 kpies (10.058 km).

15 La FIG. 17 es un mapeo de proporción de amplitud versus diferencia de fase para una posible migración de pájaros.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 La FIG. 1 muestra un sistema ejemplar 100 que incluye un radar de vigilancia en aeropuertos (RVA) 200 y una matriz en fase relativamente pequeña, por ejemplo, radar 300. El radar de matriz en fase 300 ilumina un área 50 bajo el campo de visión del radar de vigilancia en aeropuerto 200 que resulta de la curvatura de la tierra. Como puede verse, la curvatura de la tierra crea un punto ciego de radar para el radar de vigilancia en aeropuerto 200 al que se dirige el radar de matriz en fase 300. Como se ha descrito, los datos del radar de vigilancia en aeropuerto y el radar de matriz en fase pueden mezclarse para mitigar puntos ciegos. Se entiende que cualquier número práctico de radares, como radares pequeños de matriz en fase, pueden añadirse para iluminar áreas deseadas y pueden contribuir con datos.

30 La FIG. 2 muestra un sistema que incluye un radar de vigilancia en aeropuerto 100 que tiene un punto ciego 12 debido a un campo eólico 14. La FIG. 3 muestra un sistema ejemplar que incluye un radar de vigilancia en aeropuerto con haz de ventilador 200 y un radar reemisor 300 que ilumina un punto ciego 210 en el radar de vigilancia en aeropuerto 200 creado por un campo eólico 14. De manera similar, el punto ciego del radar reemisor 310 está cubierto por el radar de vigilancia en aeropuerto de haz de ventilador 200. Un punto ciego 50 permanece en la localización del campo eólico.

35 El punto ciego 50 se debe a la interferencia resultante de rotaciones de los aerogeneradores individuales que crean frecuencias Doppler que el radar puede detectar como objetivos móviles (falsos). Los objetivos falsos pueden inundar el área del campo eólico para que el mecanismo de detección de radar no sea capaz de separar un avión que vuela sobre el campo eólico de estos objetivos falsos.

40 Mientras el procesamiento convencional de haz puede estimar la altitud diana, los objetivos falsos del campo eólico 14 tendrán altitudes bajas. Cuando un avión que está volando sobre el campo eólico 14, la altitud estimada resultante estará en algún lugar entre la altitud real del avión y la altitud del campo eólico, como se muestra en la FIG. 4. Usando solamente la altitud estimada no se solucionará este tipo de punto ciego en todos los casos. La FIG. 4 muestra que debido a la limitación de la capacidad simultánea de procesamiento de haz, la latitud estimada de terreno en el campo eólico estará en el promedio de aproximadamente 2.000 pies. Cuando un avión vuela sobre el campo eólico a 16.000 pies, la altitud estimada resultante será 7.000 pies.

50 De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, la combinación de datos de un radar reemisor con el radar de vigilancia en aeropuertos puede mitigar los puntos ciegos. En una realización, un radar de matriz de fase de coste relativamente bajo puede usarse como radar reemisor con iluminación de haz filiforme que puede detectar un avión sobrevolando campos eólicos sin la interferencia de turbinas giratorias.

55 La FIG. 5 muestra un patrón de escaneo ejemplar para radar reemisor de haz filiforme que salta sobre el campo eólico 550. Como puede verse, los haces filiformes 500 pueden dirigirse a iluminar el área de punto ciego mientras evitan el campo eólico 550.

60 Los sistemas convencionales de radares usan un rastreador con múltiples hipótesis y múltiples sensores para incorporar los datos del radar. Sin embargo, esta técnica sola no puede evitar incorporar objetivos falsos de los datos del radar, lo que puede dar como resultado una actuación degradada.

65 De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, el sistema inventivo incorpora objetivos que se han clasificado antes del rastreo. En una realización mostrada en la FIG. 6, cada radar tiene un procesamiento de señal que incluye un procesamiento similar. Un radar de vigilancia en aeropuerto 602 que incluye trayectorias paralelas de datos para un receptor de haz alto 604a y un receptor de haz bajo 604b. Las trayectorias altas y bajas de datos pueden incluir respectivos filtros de Doppler 606a,b, detección de TCFA 608a,b y extractores de terreno 610a,b. Un clasificador 612 acoplado a los extractores de terreno 610a,b proporciona la salida de datos a un

rastreador con múltiples sensores 614 acoplado a un monitor 616. El radar reemisor 620 incluye un receptor 622, filtro con doppler 624, detección de TCFA 626, extractor de terreno 628 y clasificador 630, que proporcionan datos al rastreador con múltiples sensores 614.

5 En general, las características de cada grupo de detección se calculan en el extractor de terreno 610, 628, incluyendo las estimaciones de altitud y velocidad radial. Los resultados después se introducen en el clasificador 612, 630 en cada radar. Los clasificadores 612, 630 deberían designarse para cada radar ya que las características de cada tipo de radar son únicas.

10 En una realización, los clasificadores 612, 630 producen los terrenos con factores de confianza lo que indica las probabilidades de terreno. El rastreador 614 recoge los terrenos de los sistemas de radar 602, 620 y forma vías bajo la condición de que los terrenos están clasificados como aviones con un factor de confianza mayor que un valor predefinido (por ejemplo, 0,6). Si no terreno no se clasifica como avión, o como un avión de baja confianza, el terreno se ignorará para ese escaneo, pero puede usarse para retardar la actualización de localización.

15 Con los terrenos clasificados antes del rastreo, los terrenos falsos generados por el campo eólico no se tratarán como aviones debido a las siguientes características:
 20 (1) la estimación de altitud es baja (por ejemplo, inferior a aproximadamente 4.000 pies (1.219,2 m) desde el suelo local en aproximadamente 10 nmi (18520 m) y está cercana (por ejemplo, aproximadamente 0,5 nmi (926 m) al área conocida del campo eólico);
 (2) la velocidad radial estimada no coincide con el movimiento de escaneo a escaneo;
 (3) el amplio espectro Doppler (por ejemplo, extendido sobre cientos Hertz), se adapta al perfil de aerogenerador; y/o
 (4) el terreno no se detecta por el radar reemisor de haz filiforme.

25 Sin embargo, con las siguientes características, el terreno de radar de un avión que sobrevuela un campo eólico se clasificará como avión y continuará hasta mantener la vía sobre el campo eólico.
 (1) la estimación de altitud puede caer debido a la interferencia del campo eólico pero sigue siendo más alta que la altitud normal del campo eólico (por ejemplo, mayor que aproximadamente 4000 pies (1.219,2 m) desde el suelo local a aproximadamente 10 nmi (18250 m); y/o
 30 (2) el terreno es detectado por el radar reemisor de haz filiforme y se clasifica como avión con un alto factor de confianza (por ejemplo, > 0,6).

35 Se entiende que las características usadas en el clasificador pueden proporcionarse por una variedad de proceso y parámetros adecuados, como características polarimétricas, estimación de altitud, forma y tamaño de grupo de detección y características Doppler. Las técnicas ejemplares de clasificación se desvelan en la patente de Estados Unidos N° 6.677.886, presentada el 13 de enero de 2004.

40 La FIG. 7 muestra una secuencia ejemplar de etapas para implementar la mitigación de puntos ciegos que tiene una clasificación de objetivo de acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención. Un rastreador objetivo espera en la etapa 701 para nuevos terrenos objetivos de múltiples radares. Cuando se recibe un nuevo terreno objetivo, el rastreador asocia la localización del terreno con los archivos de vías existentes. Si el nuevo terreno resulta que tiene un rango y una localización angular dentro de la ventana asociada de un nuevo archivo de vía, se asume que este nuevo terreno será una nueva localización del archivo de vía en la etapa 702. En una realización, el radar reemisor es un radar tridimensional y el radar de haz de ventilador está equipado con estimación de altitud desde los haces altos y bajos, como se describe más abajo. En la etapa 704, el sistema comprueba la asociación de latitud y determina en la etapa 705 si el nuevo terreno está dentro de la ventana asociada de altitud de un archivo de vía. En la etapa 706, el sistema comprueba los tipos de objetivos entre el nuevo terreno y el archivo de vía asociado. Si el archivo de vía asociado es del mismo tipo que el determinado en la etapa 707, el sistema actualiza el archivo de vía en la etapa 708 con la nueva localización de terreno. Si cualquier cosa del proceso de asociación anterior falla, el nuevo terreno se usa para crear una nueva vía en la etapa 709 que incluye el tipo de objetivo y la altitud.

50 Cuando esperando a nuevos terrenos en la etapa 701 el tiempo se acaba, el sistema puede examinar los archivos de vías en la etapa 710. Si un archivo de vía no se ha actualizado durante el periodo del tiempo más largo de escaneo de los radares, como se determina en la etapa 711, el archivo de vía se actualiza como retardado en la etapa 712 usando la localización predicha. Si el archivo de vía se ha retardado durante N escaneos, como se determina en la etapa 713, el archivo de vía se elimina en la etapa 714.

60 Las realizaciones ejemplares de la invención incorporan múltiples datos asíncronos de radares, incorporan datos de radar en el nivel de clasificación diana, y/o incorporan datos de radar entre radares giratorios de haz de ventilador y radares de matriz en fase filiformes. El uso de los datos de salida de clasificador (tipo objetivo) como uno de los parámetros de asociación de vía puede suprimir de manera significativa falsas vías y puede mantener las vías del avión sobre el área con altos ecos parásitos.

65 Ahora se proporciona información adicional de clasificación. En general, el método y aparato para detección de ecos parásitos en el aire explotan los canales diana de tiempo y haz alto/bajo de un radar de control de tráfico

RVA de banda S terminal, por ejemplo, 2700 MHZ a 2900 MHZ, para crear datos polarimétricos y una estimación de altitud. También al utilizar información Doppler, el sistema puede clasificar detecciones como avión con ala fija, avión con ala giratoria, pájaros, insectos, lluvia, granizo, falsas alarmas debido a tráfico en tierra, ecos parásitos inducidos por campos eólicos, ecos parásitos inducidos por propagación anómala y similares. En otras realizaciones, la detección de ecos parásitos en aire se proporciona como parte de un sistema en ruta de banda L.

Las firmas polarimétricas pueden usarse para distinguir entre aviones y pájaros, por ejemplo. Cuando un sistema tiene un canal objetivo y un canal atmosférico, el canal atmosférico es una polarización diferente del canal diana, y los canales se procesan en canales separados de receptor-procesador de señal. El canal atmosférico proporciona reflectividad de precipitación. Usando un procesador de sistema, los datos del canal atmosférico se procesan de manera similar a los datos del canal objetivo. La proporción de amplitud y la diferencia de base entre los datos del canal objetivo y de tiempo pueden calcularse con los factores resultantes de fase de amplitud que proporcionan diferentes características de objetivos. Ya que el sistema incluye haces altos y bajos, el sistema puede usarse como un radar mono-pulso para estimar la altitud objetivo procesando simultáneamente datos de haz alto y bajo.

La FIG. 8 muestra un sistema ejemplar 800 que puede proporcionar mitigación de puntos ciegos mediante clasificación de objetivos de acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención. Una base 810 incluye un motor 812 y codificador 814 acoplado a un controlador de base 816. Un transmisor 818 se acopla a una junta rotatoria 820 proporcionando un canal atmosférico 811 y canales objetivos de haz bajo y haz alto 824, 826 a un montaje de antena 828.

La junta rotatoria 820 está acoplada a un primer montaje RF 830 y a un segundo montaje RF 840, teniendo cada uno un módulo de haz bajo objetivo 832, 842, un módulo de haz alto objetivo 834, 844, y un módulo de tiempo 836, 846. Un primer receptor/inductor 850 y un segundo receptor/inductor 860 incluyen individualmente módulos de conversión descendente 852, 854, 856, 862, 864, 866 y osciladores locales 858, 868 para las respectivas señales de haz bajo, haz alto y tiempo. Las señales de conversión descendente se proporcionan al primer y segundo procesador de señal 870, 880, que ambos están acoplados al primer y segundo procesador de datos de radar 882, 884 por medio de una primera y segunda red de área local (LANs) 886, 888, por ejemplo.

El sistema 800 puede incluir características de sistemas de control de tráfico aéreo que tiene un canal atmosférico independiente y un canal objetivo. Las alarmas falsas relacionadas con el tiempo en el canal objetivo se suprimen típicamente comprobando la detección de precipitación en el canal atmosférico. Tales informes del canal atmosférico tampoco se procesan de tal manera para ser capaces de discernir si el tipo de precipitación es lluvia, granizo o nieve.

El sistema inventivo 800 usa datos de canales atmosféricos de haz alto y bajo y de canales objetivos de haz alto y bajo para detectar y clasificar detecciones para mitigar puntos ciegos. El sistema toma ventaja de la diferente polarización entre el canal atmosférico y objetivo para proporcionar datos polarimétricos. Además, el haz bajo y alto de los canales objetivos proporcionan información sobre altitud. Junto con la información de Doppler y de reflectividad, el sistema 800 es así capaz de clasificar detecciones y se convierte en un sistema integrado de detección para uso en el control de tráfico aéreo.

En funcionamiento, el procesador de señal usa los datos de haz alto en el rango de pulso corto, por ejemplo, en el orden de 0,5 a 6,5 nmi (926 m a 12038 m) para evitar ecos parásitos de tierra, y cambia a un rango predefinido, por ejemplo, 6,5 nmi (12038 m) al haz bajo para completar la cobertura de altitud.

En una realización ejemplar, el sistema incluye una junta giratoria con múltiples canales, por ejemplo, siete, 820, para permitir que tanto los datos de haz alto como los datos de haz bajo se procesen simultáneamente sobre el rango completo del instrumento. Para cada detección en los datos de haz bajo, el sistema busca una detección correspondiente en los datos de haz alto en el mismo rango. La altitud de la detección se estima usando una tabla de búsquedas con la proporción de amplitud diana entre los dos haces como uno de los índices y el rango como el otro. Una técnica de estimación ejemplar de altitud la describe H. R. Ward en la patente de Estados Unidos N° 4.961.075. La altitud estimada de la detección es útil para separar el avión de alarmas falsas debidas a ecos parásitos de aire, como pájaros, tiempo atmosférico, etc., tráfico en tierra y parques eólicos.

El sistema 800 también realiza detección de objetivos usando los datos del canal atmosférico. Ya que los datos del canal atmosférico son de una polarización diferente a los del canal objetivo, la reflectividad diferencial, la fase diferencial y el coeficiente de correlación entre los dos datos de polarización pueden calcularse. De acuerdo con D. S. Zrnick, los pájaros e insectos tienen una reflectividad diferencial entre 2 y 9 dB y una fase diferencial de aproximadamente 25 grados; los ecos parásitos de la tierra tienen una gran reflectividad diferencial pero tiene un valor medio cero; el clima tiene baja reflectividad diferencial y fase pero un alto coeficiente de correlación. La discriminación entre pájaros e insectos es posible porque los insectos tienden a tener una mayor reflectividad diferencial, mientras que los pájaros tiene una mayor fase diferencial.

La FIG. 9 muestra un sistema ejemplar 900 que tiene una clasificación objetivo de acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención. El sistema 900 incluye un canal de haz alto 902 y un canal de haz bajo 904 proporcionando datos a un módulo de estimación de altitud 906. El módulo de estimación de altitud 906 produce información sobre altitud 908 y reflectividad 910 al módulo clasificador estadístico 912.

El módulo de estimación de altitud 906 proporciona información de fase 914 a un módulo de datos polarimétricos 916, que recibe datos de un módulo de detección de canal atmosférico 918, así como información de reflectividad 910 e información de fase 914 desde el módulo de estimación de altitud 906. El módulo de datos polarimétricos 916 proporciona información de reflectividad diferencial, información de fase diferencial e información de coeficiente de correlación al módulo clasificador estadístico 912.

En general, las características polarimétricas se usan como características de detección. Junto con la altitud estimada, estas características se mapean con las estadísticas de las clases de detección conocidas, que incluyen tipos de avión, tipos de tiempo atmosférico, pájaros, insectos y tipos de falsas alarmas. Estas estadísticas forman una "base de datos de entrenamiento" multi-dimensional. Durante el funcionamiento normal, las características medidas se mapean con la base de datos de entrenamiento para recoger las clases de detección. Se selecciona la clase más alta con la mayor población como resultado y el conteo de población se convierte en un factor de confianza. Los factores de confianza sobre múltiples escaneos de radar se acumulan para la detección y los resultados conferidos se presentan al monitor de control de tráfico aéreo. La implementación de tal clasificador estadístico podría ser similar al usado en US 6.677.886.

La FIG. 10 muestra más detalles 1000 del sistema 900 de la FIG. 9. Para el canal objeto de haz bajo, los datos se procesan por una serie de módulos que incluyen un módulo de filtro Doppler 1004 y un módulo de cálculo de magnitud de logaritmo 1006. Un módulo de detección de IFAC (Índice de falsa alarma constante) 1008 se acopla a un módulo binario de integración 1010, que proporciona una salida a un módulo de estimación de altitud 1012. El módulo de estimación de altitud 1012 y la base de datos de altitud 1014 se describen con más detalla más abajo.

Los datos binarios de integración (rango de detección de pico y filtro) se proporcionan a un módulo de cálculo de magnitud de logaritmo 1016 para el canal objetivo de haz alto y a un módulo para calcular los parámetros polarimétrico 1018. La trayectoria del canal objetivo de haz alto incluye un módulo de filtro Doppler 1022 que está acoplado al módulo de cálculo de magnitud de logaritmo.

Los datos del canal atmosférico de haz bajo se procesan mediante un módulo de compresión de pulso 1024 y un módulo de filtro 1026. Un módulo de mapa de ecos parásitos 1028, un módulo de selección de filtro 1030 y un módulo de selección de coeficiente de día claro 1032 se acoplan en paralelo e intercambian información con el módulo de filtro 1026. Un módulo de mapa de tiempo atmosférico 1034 recibe los datos filtrados y proporciona una serie de resultados a un módulo de fusión 1036, que proporciona datos de salida a un módulo de contorno de tiempo atmosférico 1038 acoplado a un procesador de datos de radar.

El módulo 1018 para calcular parámetros polarimétricos recibe datos diana I y Q desde el módulo de compresión de pulso objetivo de haz alto 1020 y datos de tiempo atmosférico I y Q desde el módulo de compresión de pulso de canal atmosférico 1024 y genera información de proporción de fase y reflectividad, como se describe con más detalle más abajo. Esta información se proporciona a un módulo clasificador diana estadístico 1042, que recibe datos desde una base de datos entrenada 1043, proporcionada a un módulo clasificador objetivo estadístico 1042, que recibe datos desde una base de datos entrenada 1043, produciendo rango de detección, azimut, altitud, tipo de objetivo e información de confianza proporcionada a un RDP.

Como se muestra en las FIGs. 11 y 11A, las parejas de datos de haz alto y datos de haz bajo se extraen junto con el código de modo C. Se calcula una proporción de amplitud para los datos de haz alto y bajo para un rango diana para generar una tabla de proporción de amplitud a una altitud dada por el código de modo C, como se muestra. En una realización, un operador de células 3x32 (32 columnas de rango y 3 filas de altitud) se usa para calcular la media de la proporción de amplitud. La tabla después se alisa antes de usarse para la estimación de altitud. La FIG. 11A muestra la proporción de amplitud alisada versus la curva de altitud para el rango de 30 nmi (55560 m).

La FIG. 12 muestra una secuencia ejemplar de etapas para estimar la altitud de acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención. En la etapa 500, la proporción de altitud se determina para un rango dado desde la señal de haz alto sobre la señal de haz bajo. En la etapa 502, se determina si la proporción de amplitud es menos que un valor umbral bajo. Si es así, no se realiza estimación en la etapa 504. Si no es así, entonces se determina en la etapa 506 si la proporción de amplitud es mayor que un umbral alto. Si es así, no se realiza estimación de altitud. Si no es así, en la etapa 508 la proporción de amplitud se redondea a un valor índice. En la etapa 510, una estimación de altitud y un valor de confianza se generan a partir de la tabla, como la tabla de la FIG. 12A, de los valores de rango e índice.

En una realización ejemplar, la altitud objetivo se estima en intervalos de 100 pies (30,48 m) con un factor de confianza que oscila de 0 a 1. El factor de confianza puede pre-calcularse en la tabla en base a la desviación

estándar el valor de altitud en la proporción dada de amplitud antes de que se aplique el alisamiento, por ejemplo. Se entiende que la granularidad de la estimación de altitud puede variar para cumplir las necesidades de una aplicación particular y la información obtenible del sistema de radar.

5 La FIG. 12A muestra un gráfico ejemplar de proporción de amplitud versus altitud en varios rangos, mostrados como 10, 20, 30, 40 y 50 millas náuticas (nmi) (18.520; 37.040; 55.560, 74.080, 92.600 m) para datos ejemplares. Se entiende que los datos mostrados están alisados. Los valores aproximados de umbral, AH y AL, también se muestran marcando la parte lineal de los datos alisados.

10 La FIG. 13 muestra una secuencia ejemplar de etapas para cálculo de parámetro polarimétrico de acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención. Para un rango dado, I_c , Q_c , datos de co-polarización e I_r , Q_r , datos de polarización inversa en la etapa 1300 los datos I y Q se seleccionan del rango específico R . En la etapa 1302, la reflectividad diferencia Z_{DR} se calcula como

15

$$Z_{DR} = 10 \log_{10} \left(\frac{I_c^2 + Q_c^2}{R^4} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{I_r^2 + Q_r^2}{R^4} \right).$$

20 La reflectividad diferencial se desvela además en la publicación de patente de Estados Unidos N° 2010/0079328, presentada el 5 de mayo, 2009. En la etapa 1304, la fase diferencial ϕ_{DR} se calcula como

25

$$\phi_{DR} = \tan^{-1} \left(\frac{I_c}{Q_c} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{I_r}{Q_r} \right).$$

La FIG. 14 muestra una secuencia ejemplar de etapas para clasificación estadística de objetivo. En la etapa 1400, para un rango dado R , la altitud estimada Alt , la reflectividad diferencial Z_{DR} y la fase diferencial ϕ_{DR} , valores enteros i_r , i_a , i_z e i_d , se generan en la etapa 1402 para generar valores de probabilidad. Más particularmente, una probabilidad de que el objetivo sea un avión P_{tgt} se calcula a partir de la tabla usando los valores tgt , i_r , i_a , i_z e i_d . En una realización ejemplar, los índices tgt , wx , $bird$ y $cltr$ representan cuatro tablas separadas que forman la fase de datos entrenada rellena con datos medidos de objetos conocidos como avión (tgt), tiempo atmosférico (wx), pájaros ($bird$) y ecos parásitos de la tierra ($cltr$). Similarmente, una probabilidad de que el objetivo sea una falsa alarma relacionada con el tiempo atmosférico se determina a partir de una tabla basada en valores para wx , i_r , i_a , i_z , i_d . La probabilidad de que el objetivo sea un pájaro se determina a partir de $bird$, i_r , i_a , i_z , i_d , y la probabilidad de que el objetivo sea una falsa alarma relacionada con ecos parásitos de la tierra se determina a partir de $cltr$, i_r , i_a , i_z , i_d .

En otra realización, la proporción de amplitud (Z_{DR}) y la diferencia de fase (ϕ_{DR}) entre los datos del canal objetivo y del canal atmosférico pueden calcularse para distinguir las características del objetivo. Como se ha anotado anteriormente, un sistema DRVA, tiene un canal objetivo y atmosférico. El canal atmosférico tiene una polarización diferente a la del canal objetivo, y se procesan en canales separados de receptor-procesador de señal.

El canal atmosférico de DRVA determina la reflectividad de precipitación. En una realización ejemplar, los datos del canal atmosférico se procesan de manera similar a los datos del canal objetivo. Esta técnica proporciona datos polarimétricos simultáneos, que es una mejora sobre los datos polarimétricos en detecciones alternativas de radar. La proporción de amplitud (Z_{DR}) y la diferencia de fase (ϕ_{DR}) entre el canal objetivo y atmosférico pueden calcularse de la siguiente manera:

50

$$Z_{DR} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I_c^2 + Q_c^2}{I_r^2 + Q_r^2} \right) \quad (1)$$

55

$$\phi_{DR} = \tan^{-1} \left(\frac{I_c}{Q_c} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{I_r}{Q_r} \right) \quad (2)$$

donde R es rango, I_c y Q_c son los datos en fase y de cuadratura del canal de co-polarización e I_r y Q_r son los datos en fase y de cuadratura del canal de polarización inversa.

60 Debería anotarse que mientras algunos sistemas, como los sistemas actuales de RVA usan un haz de ventilador dual, no proporcionan una altitud objetivo sin datos de baliza asociados. Ya que DRVA tiene haces altos y bajos, estos haces pueden procesarse simultáneamente de una manera similar al radar mono-pulso para estimar altitud objetivo.

65 Los datos reales se registraron para datos polarimétricos simultáneos. La FIG. 15 muestra un ejemplo de altitud estimada objetivo en comparación con la altitud objetivo del radar de baliza. Las estimaciones de altitud

(puntos) tienen una desviación desde la altitud informada por el radar de baliza (Modo C). El alisamiento de las estimaciones de altitud sobre 13 escaneos, por ejemplo, proporciona una estimación más precisa de la altitud objetivo. En este caso el error RSM es 240 pies (73,152 m).

5 La FIG. 16 muestra las características distintas de un avión y la FIG. 17 muestra los datos posibles del pájaro expresados en proporción de amplitud versus mapas de diferencia de fase en base a los datos recogidos. La FIG. 16 muestra el pico de la distribución en una diferencia de fase de 0 grados y proporción de amplitud 6B. Los datos del pájaro en la FIG. 17 tienen un pico de la distribución en diferencia de fase de 30 grados y proporción de amplitud 9 dB. Debería anotarse que la distribución en la FIG. 17 se ha expandido más que en la FIG. 16.

10 Se entiende que puede usarse una variedad de polarizaciones en varias realizaciones. Las polarizaciones ejemplares incluyen polarización lineal (transmisión en polarización vertical, canal A recibido en polarización elíptica, canal B recibido en polarización vertical), polarización circular (transmisión en polarización circular, canal A recibido en co-polarización circular y canal B recibido en polarización circular inversa). Como se ha anotado anteriormente, los datos polarimétricos circulares muestran diferencias claras entre tipos de canales y objetivos. Se entiende que son posibles más configuraciones de polarización.

15

Reivindicaciones

1. Un método que comprende:
 5 emplear un primer radar (602);
 identificar un punto ciego (50) en cobertura del primer radar;
 proporcionar un segundo radar (620) para iluminar el punto ciego;
 incorporar datos del primer y segundo radar usando clasificación diana antes del rastreo; caracterizado porque:
 se identifica un primer objetivo como falso objetivo si:
 10 una estimación de altitud del primer objetivo es baja y está cerca del punto ciego, que incluye un área de un parque
 eólico;
 una velocidad radial estimada del primer objetivo no coincide con el movimiento escaneo-a-escaneo;
 un doppler de amplio espectro se ajusta al perfil de aerogenerador; y
 el primer objetivo no se detecta por el segundo radar, que es un radar reemisor de haz filiforme dirigido a iluminar el
 15 área de punto ciego mientras evita el área del campo eólico; y
 se identifica un segundo objetivo como un objetivo avión detectando que la estimación de altitud puede caer debido
 a la interferencia por el campo eólico pero sigue siendo más alta que la altitud predefinida de un campo eólico.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que además incluye identificar un segundo objetivo como un
 20 objetivo avión
 detectando el segundo objetivo mediante un radar reemisor de haz filiforme con una clasificación de avión que tiene
 un factor de confianza mayor y se clasifica como un avión con un factor de confianza mayor que un umbral
 seleccionado.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la clasificación objetivo incluye características polarimétricas.
 25
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la clasificación objetivo incluye una o más características
 polarimétricas, estimación de altitud, forma de grupo de detección e información de Doppler.
5. Un sistema que comprende:
 30 un primer radar (602) que tiene un punto ciego (50) en cobertura para el primer radar;
 un segundo radar (620) configurado para iluminar el punto ciego; y
 un rastreador (614) configurado para incorporar datos del primer y segundo usando clasificación diana antes del
 rastreo; caracterizado porque
 el rastreador identifica que un primer objetivo es falso si:
 35 una estimación de altitud del primer objetivo es baja y está cerca del punto ciego, que incluye un área de un parque
 eólico;
 una velocidad radial estimada del primer objetivo no coincide con el movimiento escaneo-a-escaneo;
 un doppler de amplio espectro se ajusta al perfil de aerogenerador; y
 el primer objetivo no se detecta por el segundo radar, que es un radar reemisor de haz filiforme dirigido a iluminar el
 40 área de punto ciego mientras evita el área del campo eólico; y
 el rastreador identifica un segundo objetivo como un objetivo avión detectando que la estimación de altitud puede
 caer debido a la interferencia por el campo eólico pero sigue siendo más alta que la altitud predefinida de un campo
 eólico.
- 45 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o el sistema de acuerdo con la reivindicación 6, donde el primer
 radar es un radar de vigilancia en aeropuerto.
7. El método o sistema de acuerdo con la reivindicación 6, donde el radar de vigilancia en aeropuerto incluye
 50 trayectorias paralelas para un receptor de haz alto y un receptor de haz bajo.
8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, donde el rastreador identifica un segundo objetivo como un objetivo
 avión
 detectando el objetivo mediante un radar reemisor de haz filiforme con una clasificación de avión que tiene un factor
 de confianza mayor y se clasifica como un avión con un factor de confianza mayor que un umbral seleccionado.
 55
9. El método de acuerdo con la reivindicación 5, donde la clasificación diana incluye características polarimétricas.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 5, donde la clasificación diana incluye una o más características
 60 polarimétricas, estimación de altitud, forma de grupo de detección e información de Doppler.

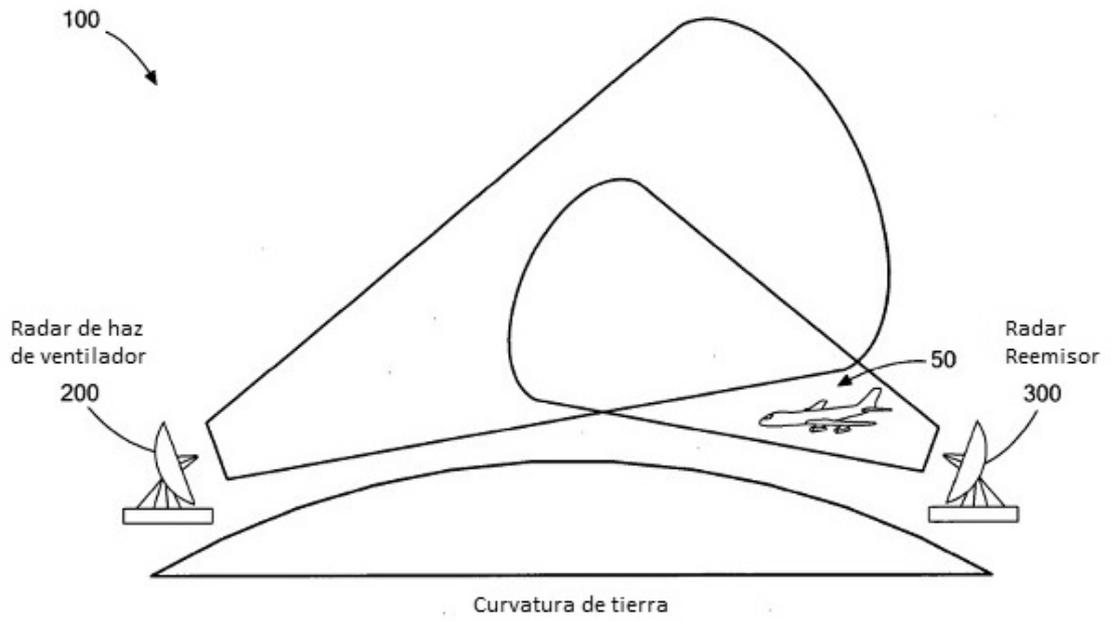


FIG. 1

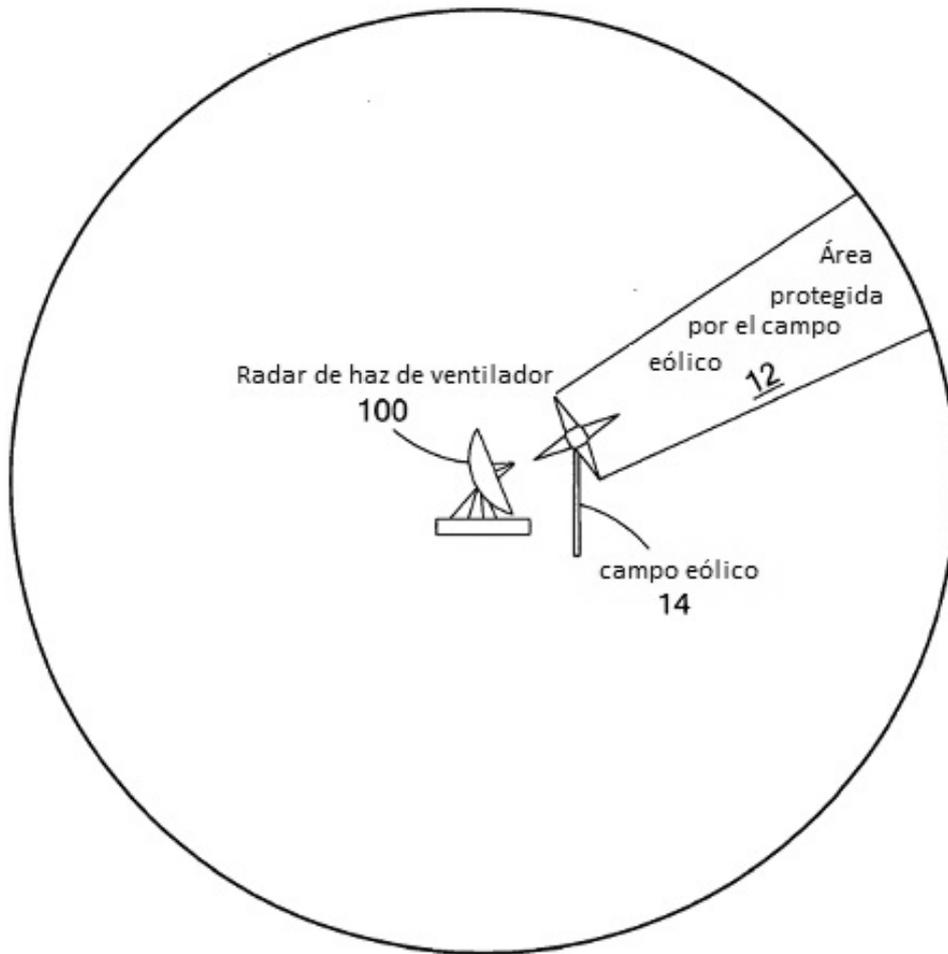


FIG. 2

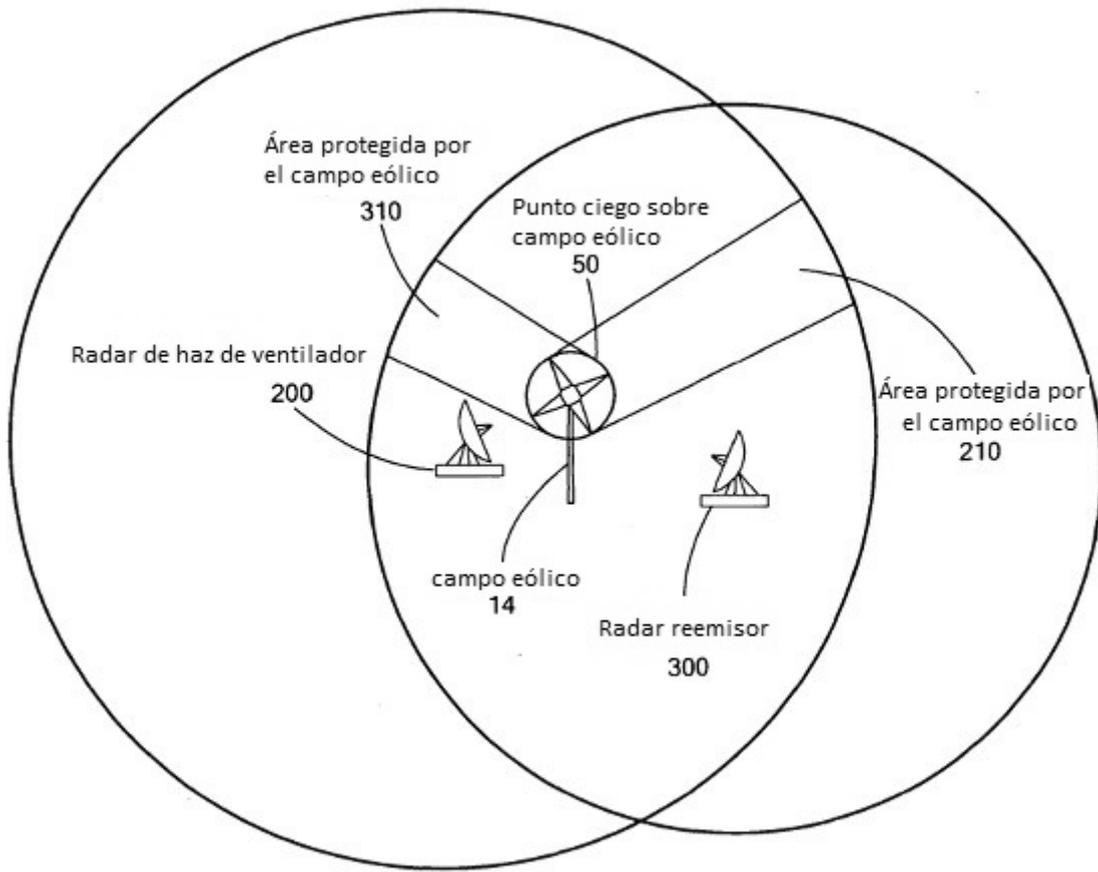


FIG. 3

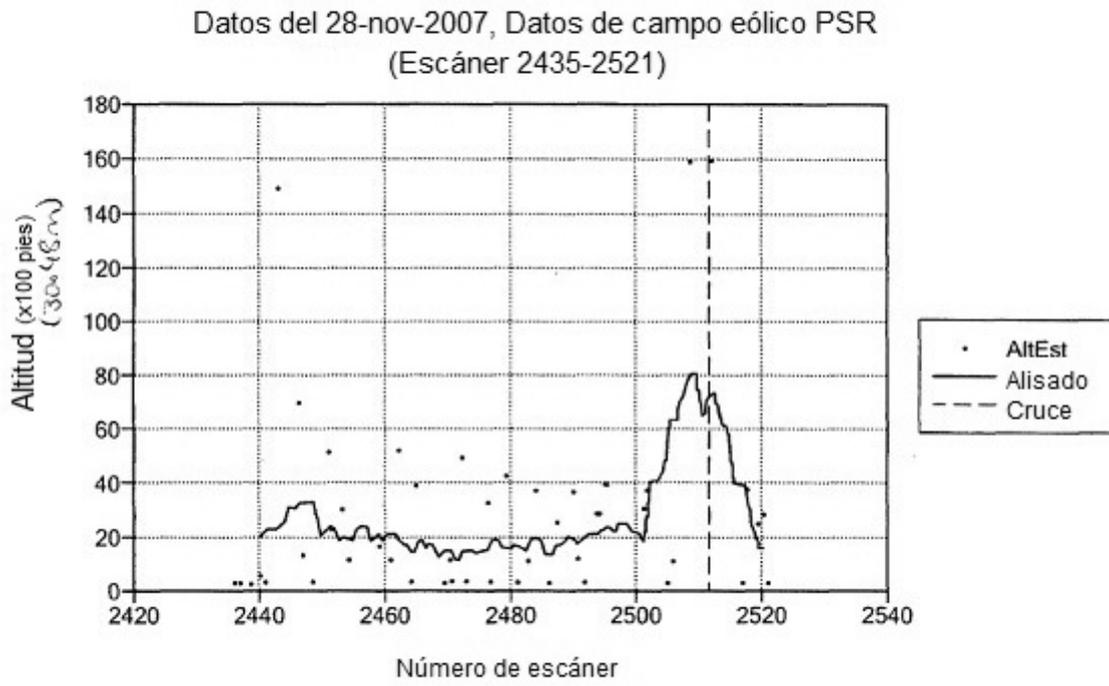


FIG. 4

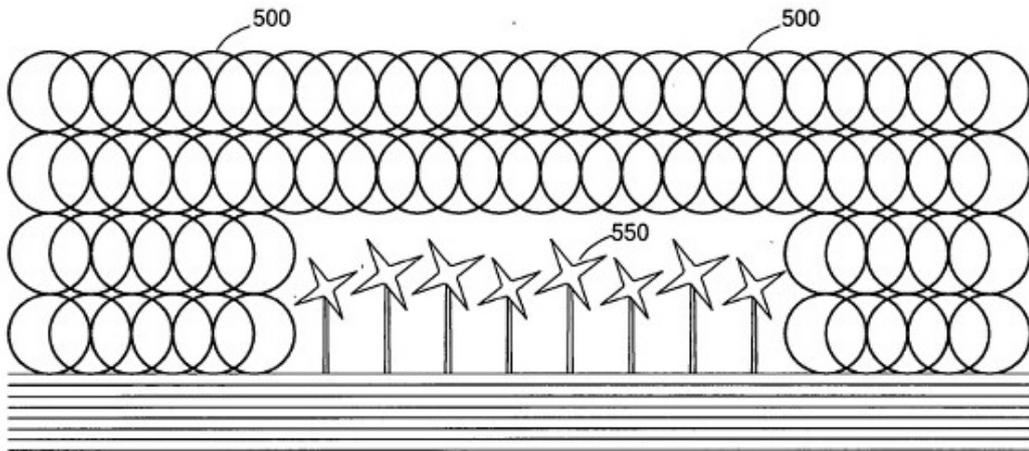


FIG. 5

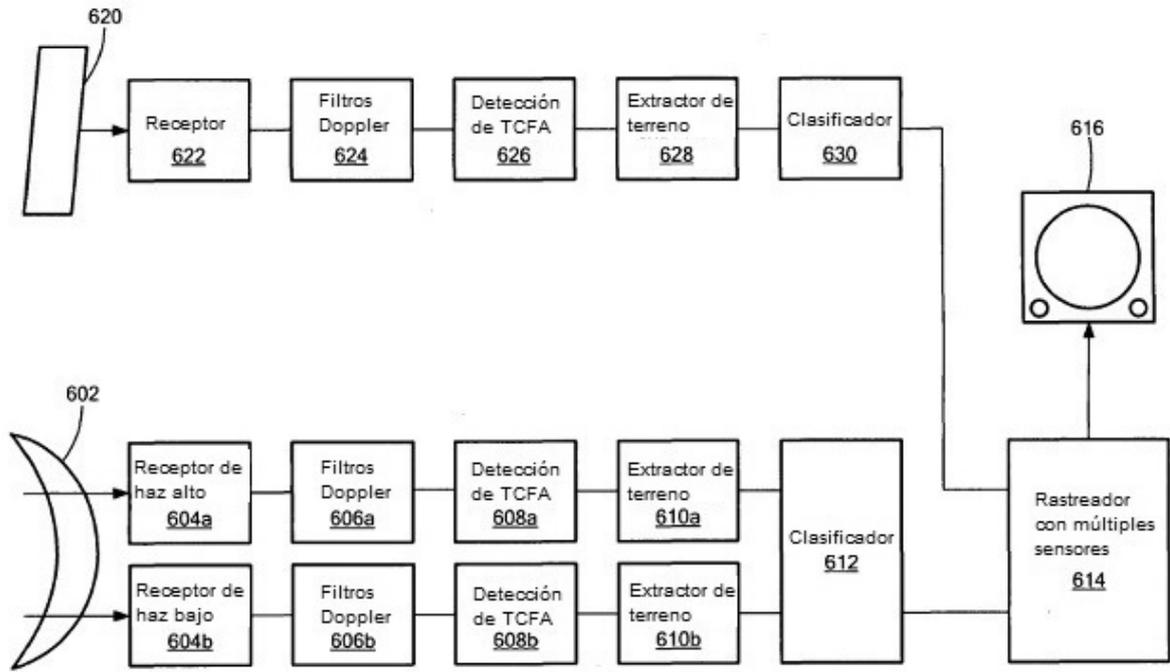


FIG. 6

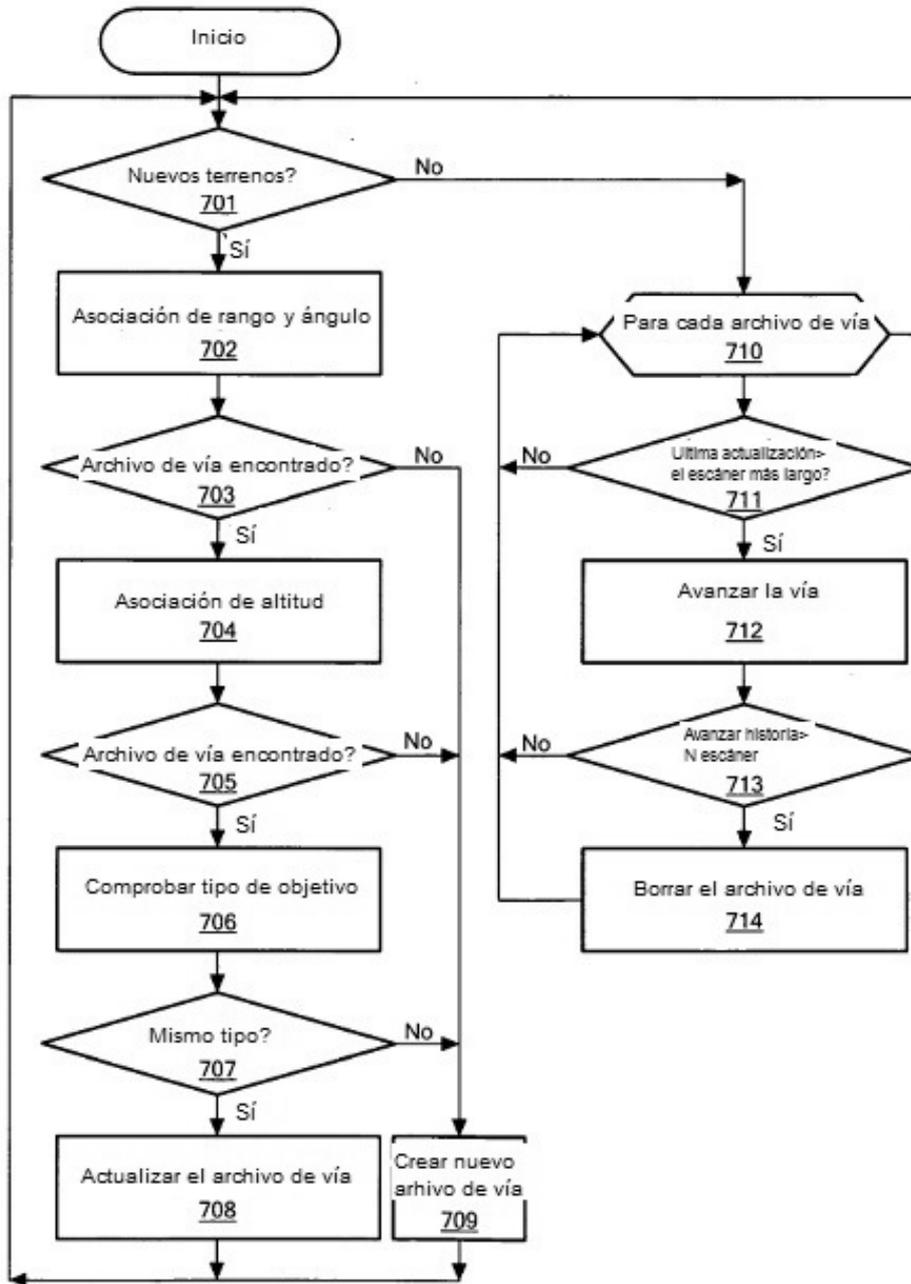
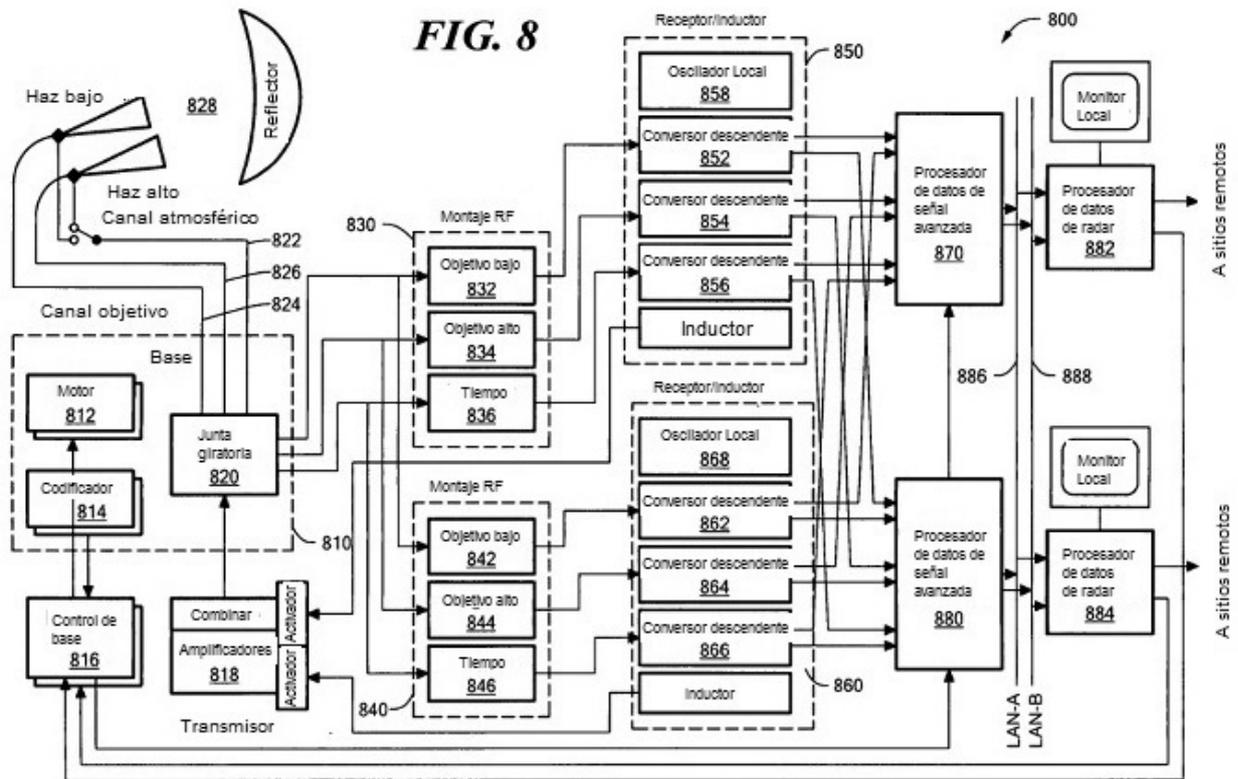


FIG. 7



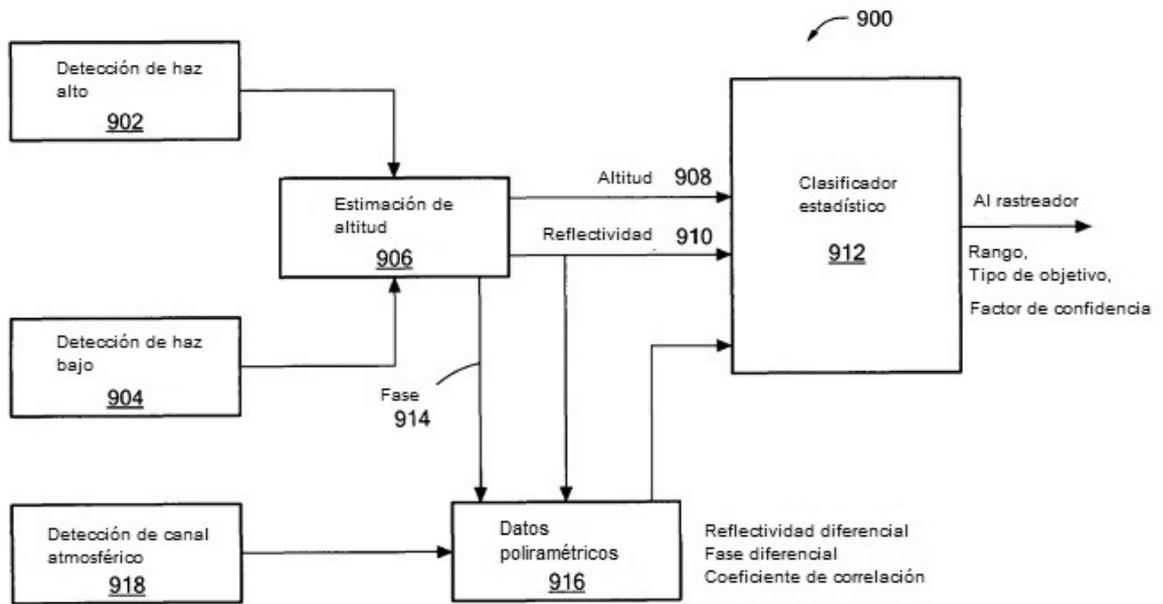


FIG. 9

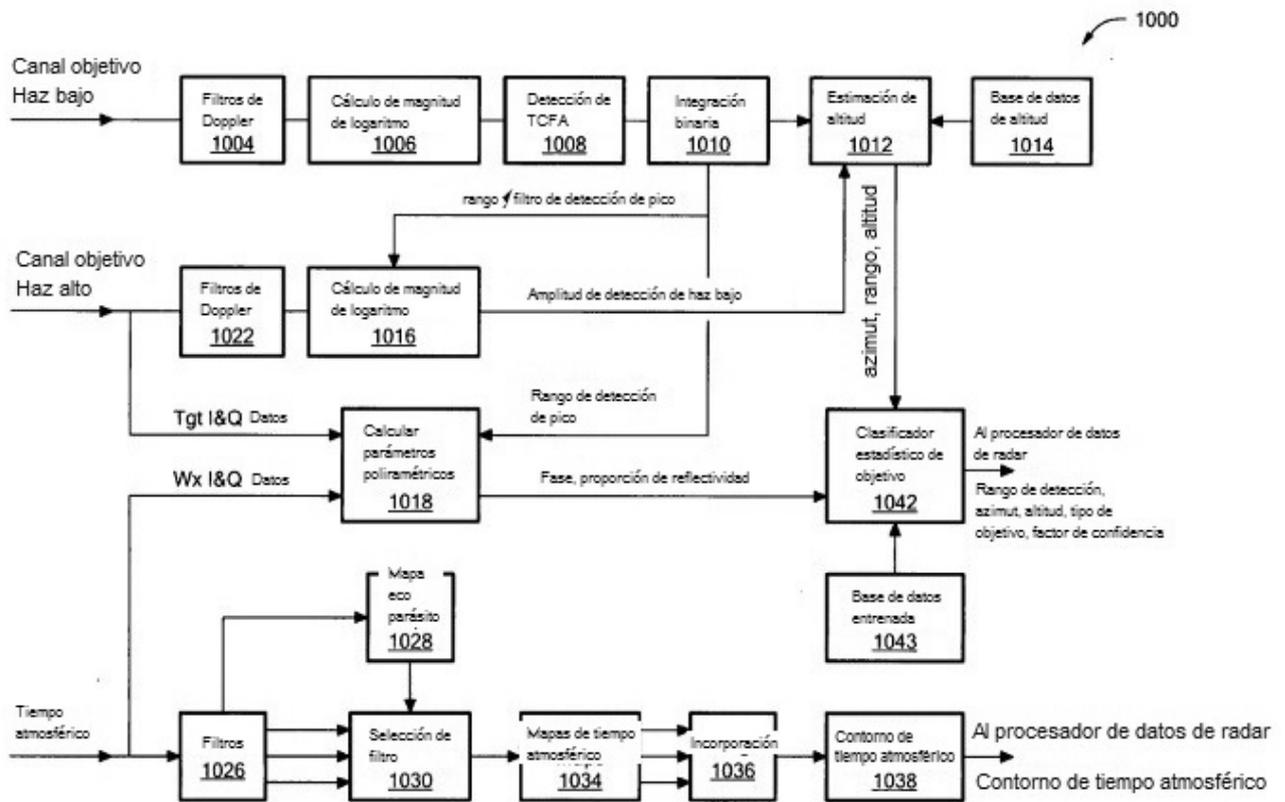


FIG. 10

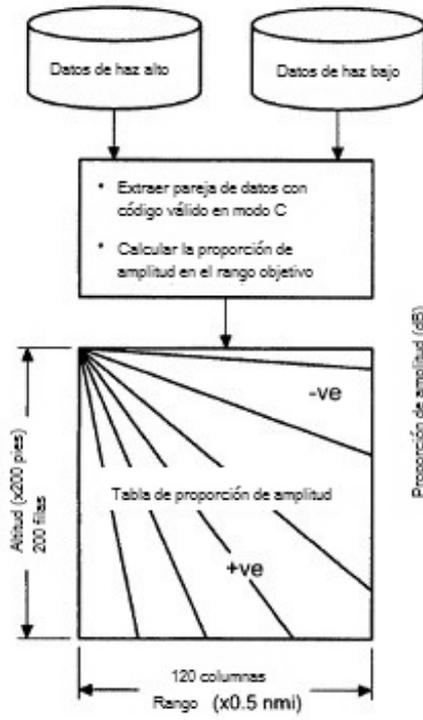


FIG. 11A

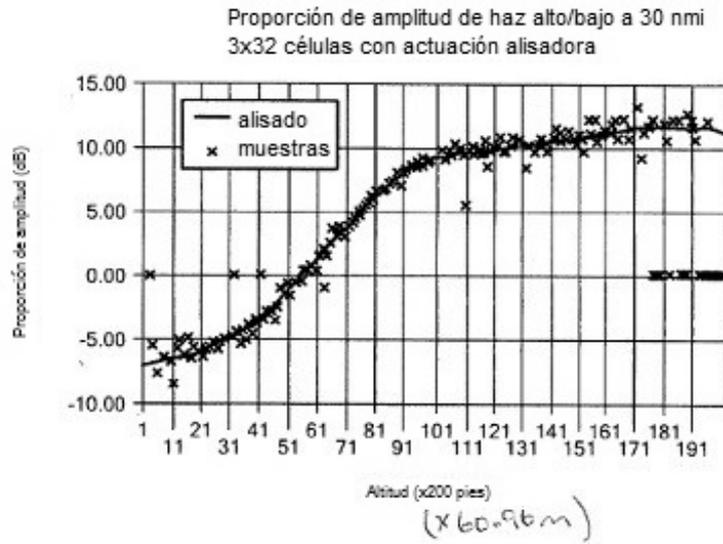


FIG. 11B

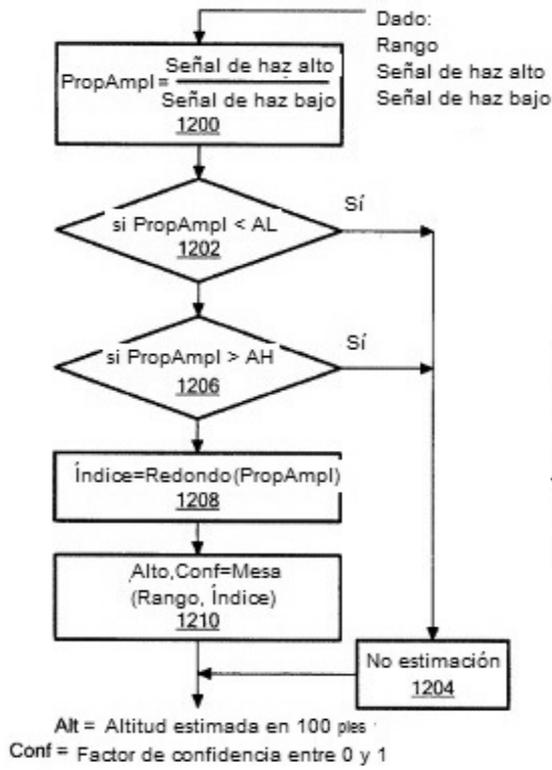


FIG. 12

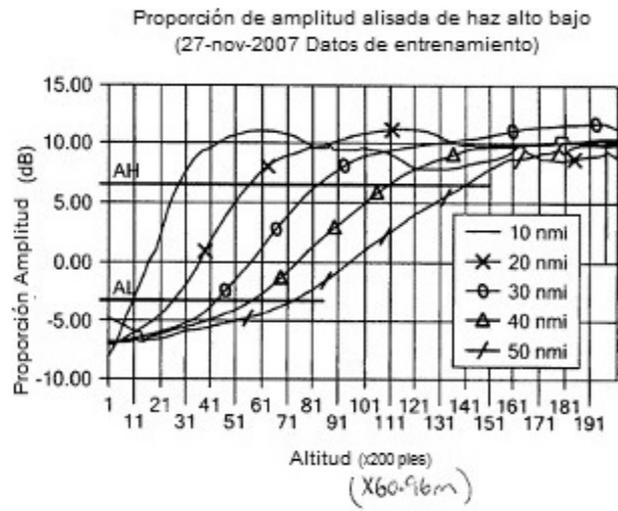


FIG. 12A

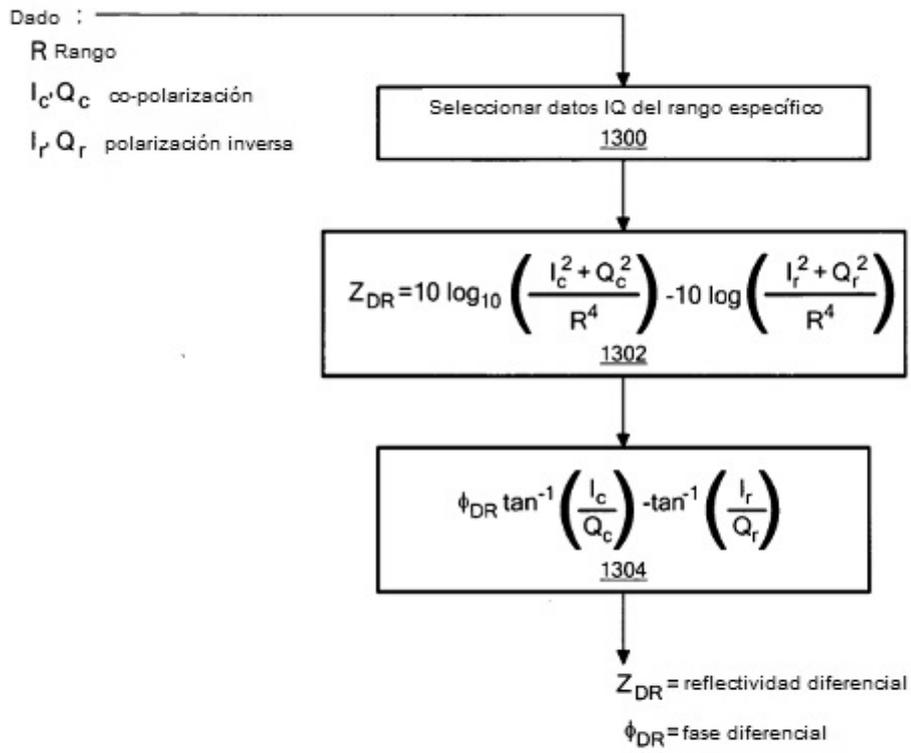


FIG. 13

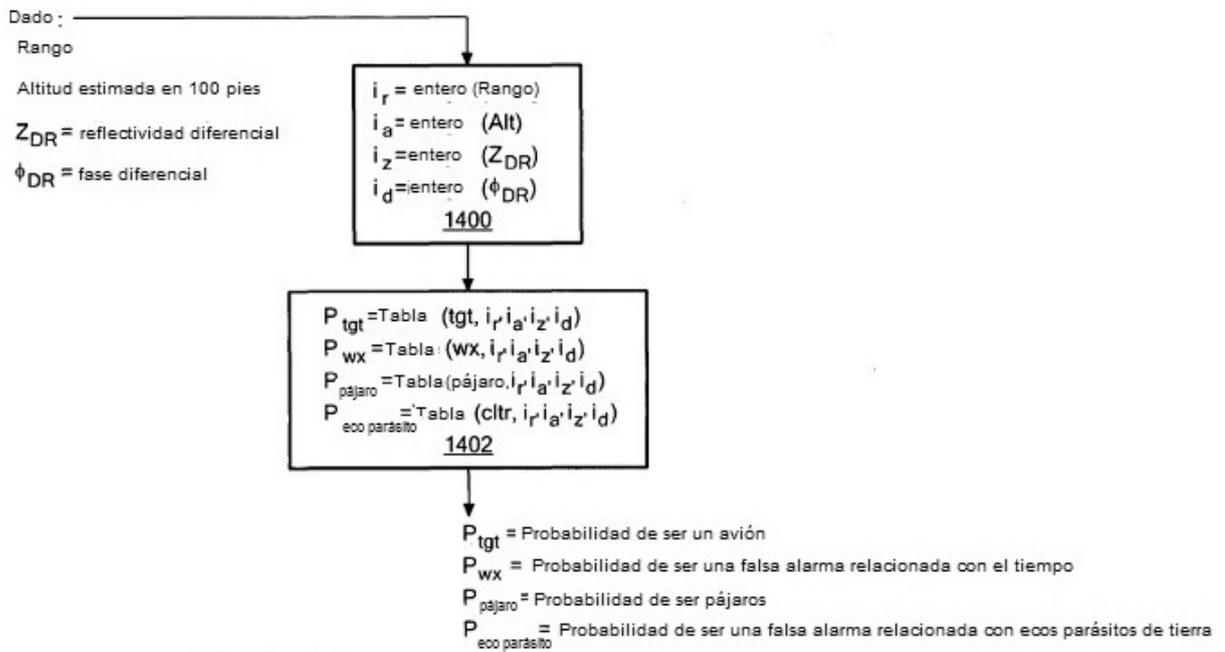


FIG. 14

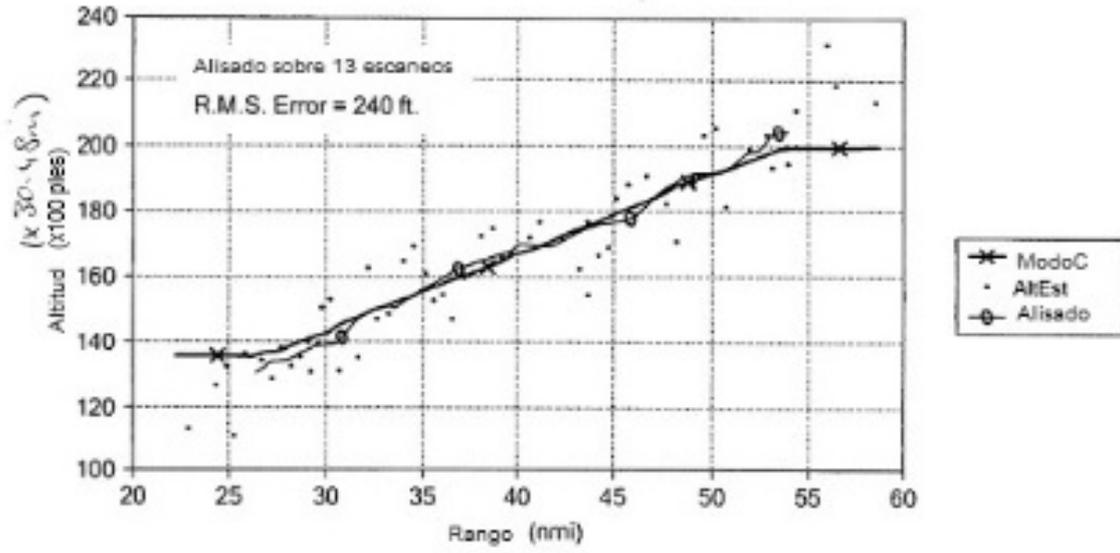


FIG. 15

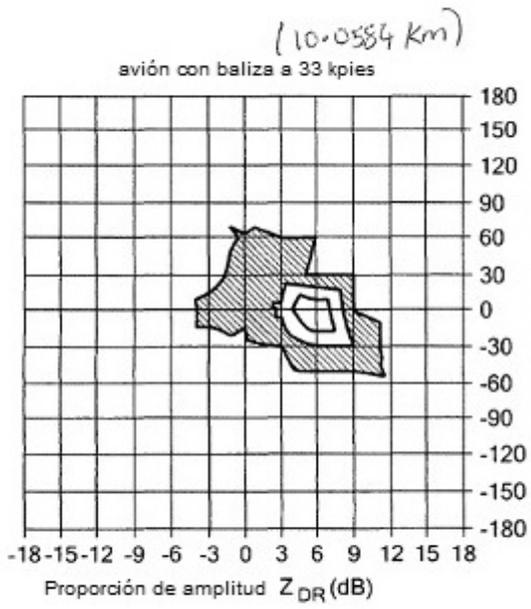


FIG. 16

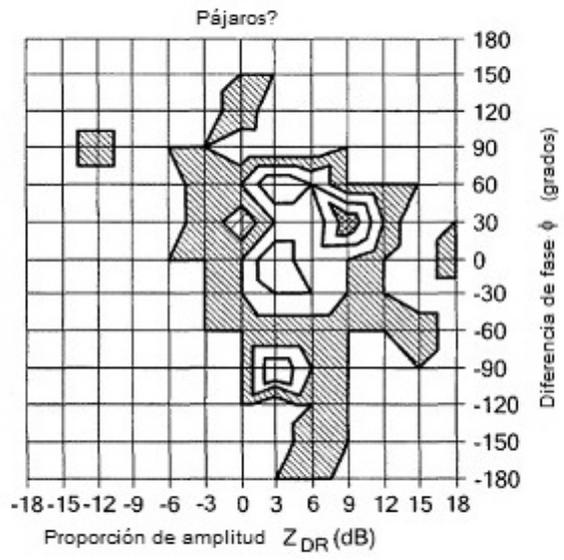


FIG. 17