

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 331**

51 Int. Cl.:

G01S 13/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2010 E 10718434 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2409174**

54 Título: **Procedimiento y equipo para la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto**

30 Prioridad:

18.03.2009 DE 102009013768

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

18.12.2015

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

**BERENS, PATRICK;
HOLZNER, JÜRGEN y
GEBHARDT, ULRICH**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 554 331 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y equipo para la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto

5 Los modernos sensores de radar montados en aeronaves o satélites emplean el principio "Radar de apertura sintética" (SAR) para reproducir escenas estáticas. Además, la reproducción de objetos en movimiento, por ejemplo vehículos, con el procedimiento SAR inverso (ISAR) se está convirtiendo actualmente cada vez más en el centro de las exigencias de los sistemas de radar para la observación de la tierra y la inteligencia militar. Aunque el movimiento del vehículo aparezca en principio como interferencia del movimiento relativo entre el sensor del radar y el vehículo, puede mejorar el rendimiento de reproducción si la constelación es la adecuada. En el marco de un diseño del sistema se puede aspirar así a conseguir un modo de funcionamiento ISAR que emplee el movimiento del vehículo de manera rentable. Sobre esta base, la duración de una imagen ISAR se puede abreviar claramente en comparación con el estado de la técnica, si la trayectoria de un vehículo a reproducir experimentalmente, durante su toma, por ejemplo al pasar por una curva, un cambio de dirección constante. Esto es especialmente importante para un radar de vigilancia multifuncional que cumple funciones en otros modos antes y después de la adquisición de datos ISAR.

10 En el marco de la evaluación de datos ISAR surge el problema de que los conocimientos del movimiento del vehículo para la generación de la imagen, necesarios para ello, por regla general no suelen estar disponibles o sólo estén disponibles con una precisión insuficiente. Además de los cambios de distancia entre el sensor y el vehículo, que se pueden estimar y compensar con facilidad, los gradientes de los ángulos de aspecto, en los que el radar ilumina el vehículo durante la toma en los que se reciben los ecos del vehículo, juegan un papel decisivo. Cuando el ángulo de aspecto cambia a una velocidad angular constante, ésta determina el escalado de la imagen del vehículo transversalmente con respecto a la dirección de visión del radar. Una suposición errónea conduce, en este caso, a una imagen distorsionada. Si además la velocidad angular no es constante, se obtiene una imagen borrosa que, por regla general, no se puede utilizar.

25 La determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto antes de la generación de la imagen, para la que hasta ahora no ha existido ninguna solución satisfactoria en el estado de la técnica, constituye por lo tanto una tarea esencial.

30 Por los conocimientos generales del experto en la materia ya se conoce la forma de transferir la responsabilidad de la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto, en un radar multifuncional, a otros modos de funcionamiento. En el marco del diseño del sistema se exige que, antes de realizar un registro, se detecten los vehículos en movimiento (MTI) y se sigan sus rastros. A partir del rastro de un vehículo se puede obtener información acerca de los gradientes de los ángulos de aspecto durante la toma de la imagen ISAR. Sin embargo, la separación temporal de la obtención de información sobre el movimiento del vehículo y la adquisición de los ecos de radar ISAR conduce forzosamente a un problema cuando el vehículo se comporta de manera distinta a la esperada. En este caso, los gradientes de los ángulos de aspecto previstos son erróneos y no se pueden utilizar. Es cierto que este problema se podría solucionar mediante el uso de MTI, seguimiento del rastro y adquisición de datos ISAR en multiplex, pero esto plantearía un reto especial que incluso los sistemas de radar más exigentes sólo pueden cumplir en casos excepcionales.

40 Según P. Berens y J.H.G. Ender, "Motion Estimation for ISAR Imaging of Ground Moving Targets", EUSAR 2006, Dresde, Mayo 2006, se propone que en el marco del tratamiento de los datos ISAR, los ecos se compriman en primer lugar en dirección del alejamiento, con lo que se compensa también el movimiento de traslación (cambio de la distancia entre el sensor y el vehículo). A continuación se divide la duración total del registro en intervalos breves. De acuerdo con estos intervalos de tiempo los datos se dividen en los así llamados segmentos acimutales. Acto seguido, los datos de estos segmentos se transforman en dirección acimutal en la gama de frecuencias Doppler de modo que se produzca una serie de segmentos de distancia Doppler. La reflectividad del vehículo aparece en ellos toscamente enfocada. A través del desarrollo de la posición de la distribución de la reflectividad entre todos los segmentos se pueden determinar después los gradientes de los ángulos de aspecto.

45 No obstante, el inconveniente radica en que la propia distribución de la reflectividad en los segmentos de distancia Doppler varía fuertemente con el ángulo de aspecto lo que da lugar a errores en la estimación de los gradientes de los ángulos de aspecto.

50 Por Shih-Ken et. al.: "Developing a forward collision warning system simulation". Intelligent Vehicles Symposium 3-5 OKT 2000, LNKD_DOI: 10.1109/IVS.2000.898366, 3 de octubre de 2000, páginas 338-343, se conoce un sistema de radar similar al de Berens et. al., pero terrestre.

55 Por la patente alemana DE 10 2006 009 121 A1 se sabe que, en lugar de la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto, se puede realizar una simple estimación de dos parámetros para permitir con ellos la generación de la imagen. A pesar que la determinación de los dos parámetros de enfoque necesarios se puede llevar a cabo de forma muy sencilla en este procedimiento introducido, lamentablemente no se puede emplear para la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto con una velocidad angular no constante, como la que se suele producir con frecuencia en la realidad.

5 La invención se plantea la tarea de determinar, a partir de datos ISAR adquiridos de un vehículo que se mueve a lo largo de una carretera y de información sobre el trazado de la carretera, los verdaderos gradientes de los ángulos de aspecto bajo los que el radar ilumina el vehículo durante la toma de las imágenes y bajo los que se reflejan los ecos del vehículo y se reciben los ecos por parte del radar, con un procedimiento en función del estado de la técnica y de uso más general, para un procesamiento de datos ISAR.

Esta tarea se resuelve por medio de un procedimiento conforme a los pasos de procedimiento de la reivindicación 1 y de un equipo según las características de la reivindicación secundaria 2.

10 De acuerdo con la solución según la invención, se determinan a partir de los datos ISAR adquiridos los gradientes de los ángulos de aspecto, bajo los que el radar ilumina el vehículo durante la toma y el vehículo refleja los ecos, que son recibidos después por el sensor de radar.

15 Bajo la premisa de que los datos del radar, por sí solos, no son suficientes para una determinación sólida de los gradientes de los ángulos de aspecto se aprovecha, presuponiendo que el vehículo a reproducir circule por una carretera, el trazado de la carretera como dato adicional. Con ayuda de la distancia entre el sensor del radar y el vehículo así como de la variación de la distancia, determinadas ambas a partir de los datos del radar, se determinan, a través de la combinación de la información disponible sobre la carretera, la posición y la velocidad del vehículo en cada momento de la toma. Como posición del vehículo se obtiene un lugar de la carretera cuya distancia del sensor coincide con la distancia medida del vehículo. Sobre la base de esta posición se determina la velocidad del vehículo proyectando la velocidad en dirección de visión del radar sobre la dirección de la carretera en la posición del vehículo averiguada.

20 El ángulo de aspecto se determina después a partir de la posición del sensor y del vehículo así como de la dirección del movimiento del vehículo, que corresponde a la dirección del eje longitudinal del vehículo.

La necesaria información sobre la carretera se puede encontrar en mapas digitales o imágenes (por ejemplo imágenes ópticas aéreas, imágenes SAR).

25 En comparación con los principios de solución conocidos hasta ahora, los gradientes de los ángulos de aspecto se determinan ventajosamente a partir de los datos ISAR adquiridos. De este modo se suprimen la separación temporal que suele ser inevitable y la adquisición de datos ISAR, y los gradientes de los ángulos de aspecto determinados reflejan la situación geométrica real durante la toma. Como ventaja, la determinación del ángulo de aspecto ya no se basa en la posición de la distribución de la reflectividad en los segmentos Range-Doppler sino que, en el marco de la compensación del movimiento que se produce antes de la propia estimación del ángulo de aspecto, ya sólo evalúa la posición del centro de gravedad radiométrico en distancia y Doppler.

La aplicabilidad de la solución según la invención no se limita a vehículos que circulan a una velocidad constante.

35 Para los vehículos que circulan por carreteras y caminos conocidos, se pueden determinar así los gradientes de los ángulos de aspecto bajo los que el radar ilumina el vehículo. Su consideración conduce, en el marco de la generación de imágenes ISAR, a una reproducción nítida y no distorsionada del vehículo. Por otra parte también se puede aprovechar la información sobre la carretera para captar con acierto imágenes ISAR en zonas en las que se esperan vehículos con movimientos apropiados para ISAR.

La invención se explica a continuación en detalle con referencia a los dibujos.

Se ve en la:

Figura 1: El diagrama de operaciones del procedimiento según la invención.

40 Figura 2: El esquema modular de transmisión de señales de un sistema ISAR con un equipo para la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto.

Con referencia a las figuras 1 y 2.

El nuevo procedimiento, representado en la figura 1, determina los gradientes de los ángulos de aspecto bajo los que el radar ilumina el vehículo durante la toma y bajo los que los ecos del vehículo vuelven al radar.

45 Para ello, el desarrollo de la distancia entre el sensor del radar y el vehículo, determinado a partir de los propios datos ISAR registrados, se combina con el trazado de la carretera.

50 En un primer paso del procedimiento se obtiene la información sobre la carretera para una zona de intervención prevista del ISAR a emplear a partir de conjuntos de datos verificados, mapas digitales y/o imágenes aéreas. Dado que el equipo necesario para la realización del procedimiento se controla preferiblemente por medio de un programa, se transforman estos datos geodésicos en un formato apto para el procedimiento. Con esta finalidad, los puntos del trazado de la carretera se averiguan en un sistema de coordenadas cartesianas tridimensional local y se registran en una memoria de datos para que estén disponibles para los siguientes pasos del procedimiento. Si la densidad de los datos geodésicos es la suficiente, es posible determinar los puntos intermedios que faltan por medio de interpolación.

55 Un ISAR ilumina un trazado de carretera; los datos ISAR sin procesar se calibran directamente y se comprimen en dirección de la distancia. A continuación se compensa en los ecos comprimidos, en el marco de la compensación del

movimiento, la curva de la distancia entre el sensor y el centro de la escena causada por el movimiento del sensor. Si existe adicionalmente información previa sobre el movimiento del vehículo, por ejemplo de una detección del objetivo en movimiento y de un seguimiento del rastro realizados con anterioridad, conviene tenerlos también en cuenta en el marco de la compensación del movimiento. Las distancias compensadas se archivan para su utilización posterior. En el marco del Range-Doppler-Tracking se procede, en primer lugar, a la transformación de segmentos de datos acimutales cortos en la gama de frecuencias Doppler, con lo que se crea una secuencia de imágenes Doppler de distancia restante. En las imágenes Doppler de la distancia restante se puede localizar el vehículo en movimiento, lo que se consigue especialmente bien cuando su velocidad es de tal manera que aparezca en un área de Doppler no ocupada por los ecos de la escena (clutter). Este caso correspondería a un objetivo exo-clutter. Sin embargo, si el vehículo se encuentra durante este paso del procedimiento en el clutter (objetivo endo-clutter), es preciso suprimir el clutter. El vehículo se persigue después en la secuencia Doppler de la distancia restante. Con ayuda del centro de gravedad radiométrico se determina entonces, para cada uno de los segmentos Doppler de la distancia restante, un valor de distancia restante y un valor Doppler. A partir de la evolución de la posición del vehículo en el Doppler, se determina a continuación el desarrollo de la velocidad restante que constituye después la base para la resolución de ambigüedades de los valores Doppler. Posteriormente se determina también un desarrollo de la velocidad restante a partir de la evolución de los valores Doppler inequívocos. Este desarrollo de la velocidad restante y la distancia restante en dirección visual se mantienen disponibles para los siguientes pasos del procedimiento.

El desarrollo de la distancia restante y de la velocidad restante representan valores conformes al paso anterior del procedimiento consistente en la compensación del movimiento del sensor. En el marco de la reposición y de la determinación de la velocidad se determinan, en primer lugar, los desarrollos originales de la distancia y de la velocidad entre el sensor y el vehículo en dirección visual mediante la corrección de los desarrollos restantes de acuerdo con las distancias compensadas. A continuación se averiguan, a partir del desarrollo de la posición de la aeronave, del desarrollo de la distancia determinado así como de la información sobre la carretera, las posiciones en la carretera en las que el vehículo se encuentra en los momentos correspondientes. Finalmente se proyecta en las posiciones resultantes del vehículo el desarrollo de la velocidad determinado en dirección visual en dirección a la carretera con lo que se obtienen los correspondientes vectores de velocidad para el vehículo. La dirección visual se determina a partir de la posición de la plataforma y de la posición del vehículo especificada. De acuerdo con este procedimiento se obtienen las curvas de la posición del vehículo y la velocidad vectorial del mismo.

Las posiciones y velocidades así obtenidas se fusionan por medio de un algoritmo adecuado (por ejemplo un filtro Kalman) con el modelo de movimiento para el vehículo. En este caso, las posiciones y velocidades sirven de valores de medición para la corrección de los valores propagados con ayuda del modelo de movimiento. Las contribuciones de modelo y valores de medición se incluyen en el resultado en función de su importancia. De esta manera, la posición, la velocidad y la aceleración del vehículo se pueden determinar, en definitiva, en los momentos deseados, con una precisión inalcanzable de otro modo.

El cálculo del ángulo de aspecto se realiza ahora a partir del recorrido en dirección de marcha (dirección del vector de velocidad) así como de las posiciones del sensor del radar y del vehículo. Los gradientes de los ángulos de aspecto resultantes queda después disponible para un procesamiento ISAR.

Utilizando el procedimiento inventado se puede crear, según la figura 2, un sistema ISAR aéreo o de satélite con el que se pueden reproducir, con alta resolución, vehículos que circulan por vías de comunicación conocidas.

Un sistema de este tipo requiere un Radar-Frontend 1, una unidad para el registro del movimiento del sensor (INS/DGPS) 7, una base de datos de vías de comunicación que facilita información sobre carreteras 8, así como un procesador ISAR 9.

En el Radar-Frontend 1 se generan, en una unidad de generación de impulsos 2, impulsos de emisión de alta frecuencia de gran ancho de banda que se transmiten, a través de un circulador 3, a una antena orientada 4. La antena 4 ilumina con los impulsos generados una escena en el suelo por la que circula un vehículo a lo largo de una carretera y recibe los ecos reflejados 5 de la escena. El circulador 3 transmite las señales recibidas a una unidad de adquisición de datos 6 que, además de la amplificación de las señales y del desplazamiento de la frecuencia, se encarga especialmente de la digitalización y del archivo de los datos.

El procesador ISAR 9 procesa los ecos registrados de manera que, en primer lugar, una unidad de tratamiento previo 10 realice los pasos básicos. Aquí los datos se calibran y se someten a una compresión en dirección de la distancia. Después se procede a una compensación del movimiento respecto al centro de la escena, teniendo en cuenta el rastro de los sensores medido con la unidad INS/DGPS 7. Si se conoce la información previa sobre el movimiento del vehículo, ésta se tiene en cuenta en el marco de la compensación del movimiento. Para determinar las distancias y velocidades restantes, se realiza además un seguimiento del vehículo en el área de distancia Doppler. La unidad para la determinación del ángulo de aspecto 11 unifica los desarrollos anteriormente determinados de la distancia restante y de la velocidad restante del tratamiento previo 10 con las posiciones de la plataforma medidas por la unidad INS/DGPS 7 así como la información sobre la carretera de la base de datos de vías de comunicación 8. La determinación del ángulo de aspecto se produce aquí de acuerdo con el procedimiento antes descrito. Los ecos comprimidos y compensados en cuanto al movimiento del tratamiento previo 10 se convierten después en la unidad de generación de imágenes 12, teniendo en cuenta los gradientes de los ángulos de aspecto, en una imagen ISAR 13.

LISTA DE REFERENCIAS

	1	Frontend del sistema ISAR
	2	Unidad para la generación de impulsos de emisión de alta frecuencia
5	3	Circulador
	4	Antena para la emisión y recepción
	5	Señales de emisión y recepción
	6	Unidad para el registro de las señales recibidas
	7	Unidad para la determinación de la posición y situación de la plataforma a base de INS y DGPS
10	8	Base de datos con información sobre los trazados de las carreteras
	9	Procesador ISAR para el cálculo de imágenes de radar de vehículos en movimiento
	10	Unidad para el tratamiento previo
	11	Unidad para la determinación del ángulo de aspecto
	12	Unidad para el cálculo de la imagen ISAR
15	13	Imagen ISAR resultante del vehículo

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto bajo los que un RADAR ISAR de apertura sintética inversa montado en aeronaves o satélites ilumina un vehículo que circula por la carretera, y bajo los que se reflejan los ecos del vehículo al radar, utilizándose las propias señales del radar para la determinación del ángulo de aspecto, caracterizado por que
- 5 a) a partir de las distancias y variaciones de la distancia averiguadas entre el sensor del radar y el vehículo, por una parte, y del trazado de la carretera, por otra parte, se determinan para cada momento de la toma, mediante la determinación de los puntos de intersección, las posiciones del vehículo y, con ayuda de conversiones geométricas, los vectores de velocidad del vehículo en estas posiciones;
- 10 b) se fusionan las posiciones y los vectores de velocidad así obtenidos así como un modelo de movimiento para el vehículo con un procedimiento matemático. incluyéndose las contribuciones del modelo y de los valores de medición en el resultado en función de su importancia, con lo que se determinan la posición, la velocidad y la aceleración del vehículo con mayor precisión;
- 15 c) el ángulo de aspecto de la iluminación del vehículo se determina para cada momento de la toma por medio de un cálculo geométrico a partir de la dirección visual entre el sensor del radar y el vehículo, es decir, la dirección de la línea de unión entre el sensor del radar y el vehículo resultante de las posiciones del sensor y del vehículo, y la dirección del vector de velocidad del vehículo cuya dirección coincide con el eje longitudinal del vehículo.
- 20 2. Equipo para la determinación de los gradientes de los ángulos de aspecto bajo los que un RADAR ISAR de apertura sintética inversa montado en aeronaves o satélites ilumina un vehículo que circula a lo largo de una carretera y recibe los ecos reflejados, formado al menos por los componentes de un sistema ISAR convencional, caracterizado por
- 25 a) un sistema de radar que recibe los ecos de los impulsos de radar reflejados y que, utilizando información sobre el movimiento del portador de un sistema INS/DGPS (7) e información sobre la carretera de una base de datos de vías de comunicación (8), calcula la imagen ISAR (13) de un vehículo en movimiento;
- b) las funciones parciales de generación de impulsos (2), emisión de impulsos y recepción de ecos (5) con una antena (4) y un sistema de adquisición de datos (6) en el Radar-Frontend (1);
- 30 c) un sistema (7) para el registro de información sobre el rastro del portador aéreo o espacial sobre la base de sensores de medición inerciales y de un receptor DGPS;
- d) una base de datos (8) que proporciona información sobre las vías de comunicación en la zona de suelo iluminada por el radar;
- 35 e) las tres funciones parciales de tratamiento previo (10) para el calibrado, compresión y compensación del movimiento de los ecos del radar, determinación del ángulo de aspecto (11) conforme al procedimiento según la reivindicación 1 y generación de imágenes (12) para el cálculo de la imagen ISAR (13) en el procesador ISAR (9).
3. Medio de archivo para datos de programas informáticos con datos del programa archivados en el mismo, ordenando los datos del programa al equipo, si controlan un equipo según la reivindicación 2, la realización del procedimiento según la reivindicación 1
- 40 .

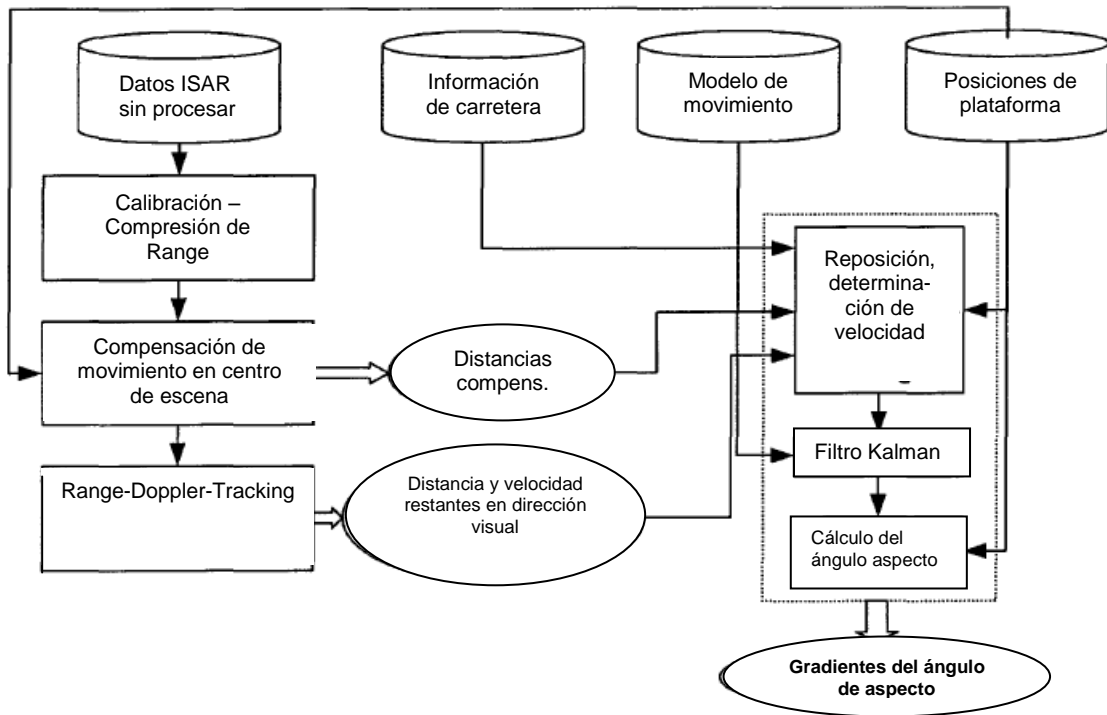


Fig. 1

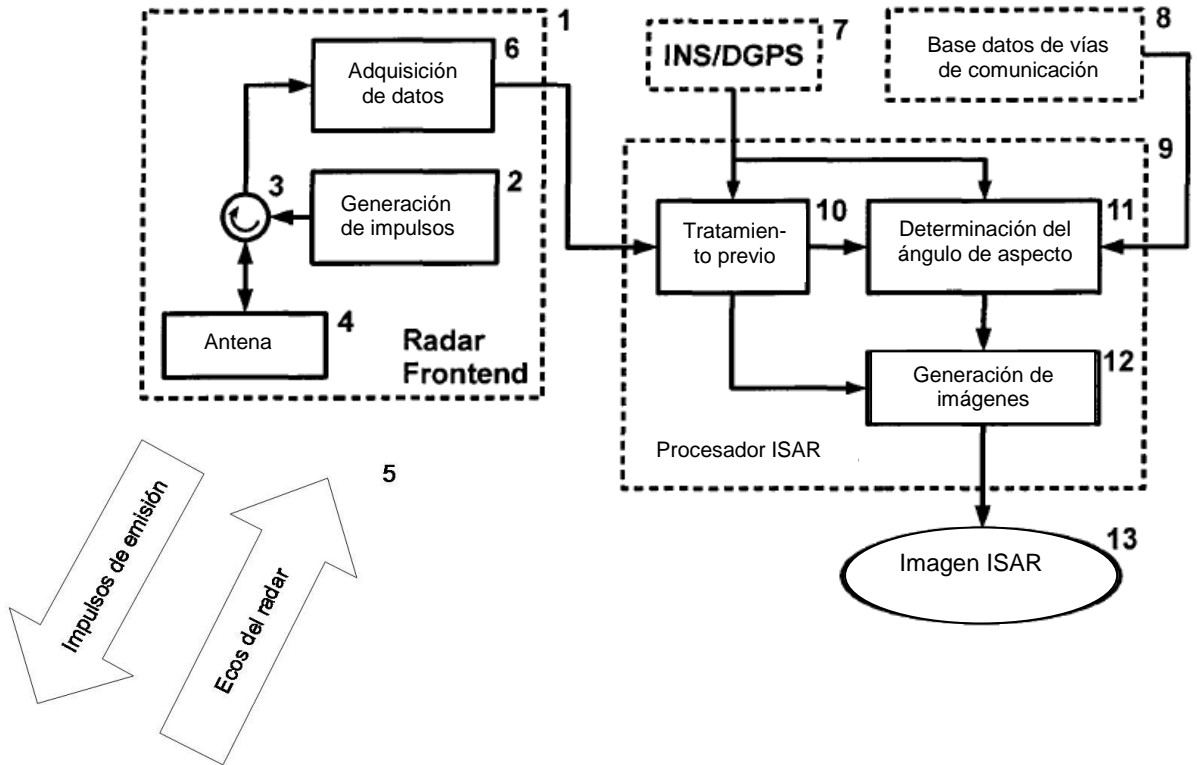


Fig. 2