



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 356 900**

⑤① Int. Cl.:  
**G01S 13/78** (2006.01)  
**G01S 13/93** (2006.01)  
**G01S 13/76** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨⑥ Número de solicitud europea: **03100883 .2**  
⑨⑥ Fecha de presentación : **02.04.2003**  
⑨⑦ Número de publicación de la solicitud: **1359436**  
⑨⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2003**

⑤④ Título: **Procedimiento y sistema de localización de un blanco que responde en modo C en un sistema de interrogación-respuesta (IFF).**

③⑩ Prioridad: **05.04.2002 FR 02 04266**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.04.2011**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.04.2011**

⑦③ Titular/es: **THALES**  
**173, boulevard Haussmann**  
**75008 Paris, FR**

⑦② Inventor/es: **Roze, Thierry y**  
**Trin, Jean-Marc**

⑦④ Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 356 900 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

La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema que permite especialmente localizar un blanco con la ayuda de un portador equipado con una antena de dirección de apuntar dada, el blanco y el portador comunican entre sí por un sistema de interrogación-respuesta de tipo IFF (abreviatura anglosajona de "Identification Friend or Foe").

5 Se aplica, por ejemplo en el campo de la aeronáutica, para un sistema IFF embarcado también denominado radar secundario, que tiene una función de gestionar las interrogaciones-respuestas IFF.

10 La localización y la identificación de una aeronave distante necesitan dos radares. El radar primario permite localizar el blanco y el radar secundario, o IFF, identificarlo. La correlación de estas dos informaciones (localización e identificación) es inmediata cuando la antena primaria y la antena secundaria están acopladas. Tal funcionamiento se utiliza habitualmente para las estaciones de suelo y cuando los radares son de barrido mecánico.

La evolución tecnológica en el campo de las antenas ha permitido, especialmente, desarrollar antenas de barrido electrónico. La antena es entonces fija y la dirección de apuntar del haz se obtiene mediante desfasadores electrónicos que tienen por función desviar los haces. El radar primario y el radar secundario son entonces independientes uno de otro y la correlación de las dos fuentes de información se hace más delicada.

15 La transmisión por el sistema IFF de las informaciones de localización y de identificación con el calculador principal del portador, permite asociarlas a las informaciones de localización obtenidas por el radar primario.

El documento que lleva por título "3D monopulse localization IFF interrogator" XP009002916 Database accession nº 30800100 describe un procedimiento que utiliza 4 dipolos que generan una interrogación en un cono de apuntar muy estrecho de algunos grados.

20 La patente FR – A 2 730 567 se refiere al funcionamiento de un sistema IFF de barrido electrónico.

La patente US 6 278 396 describe un sistema de autocolisión.

La patente US 6 782 450 se refiere a un procedimiento pasivo y un dispositivo para evitar las colisiones de aeronaves.

25 El objeto de la invención se refiere a un procedimiento pasivo y un dispositivo que permiten localizar un blanco en el espacio, en el transcurso de un proceso de interrogación de tipo IFF y utilizando una antena de dirección de apuntar dada, tal como una antena de barrido electrónico.

La invención se refiere a un procedimiento para determinar la posición de uno o más blancos mediante una antena de tipo IFF, teniendo la antena una dirección de apuntar dada, comprendiendo dicho procedimiento en el transcurso de una interrogación IFF una etapa en el transcurso de la cual el calculador de misión del sistema IFF combina al menos tres parámetros representativos de la posición del o los blancos, de la del portador y la dirección de apuntar del haz de la antena para localizar el blanco, caracterizado porque los tres parámetros utilizados son por ejemplo la distancia D del blanco al portador, la altitud A del blanco y la  $A_{pf}$  del portador equipado con la antena IFF y el valor de telemetría del blanco, obteniéndose dicha altitud A por recepción de una respuesta tras dicha interrogación IFF y porque comprende al menos las siguientes etapas:

35 - determinar el círculo  $C_1$  que resulta de la intersección de la esfera iso-distancia sobre la cual se puede encontrar el blanco y de un plano sensiblemente paralelo al plano vertical del portador equipado con la antena IFF.

- determinar el círculo  $C_2$  procedente de la intersección del plano iso-altitud del blanco y de la esfera iso-distancia,

- realizar la intersección de los dos círculos  $C_1$  y  $C_2$  para obtener las coordenadas del blanco.

40 El modo de interrogación del portador hacia el blanco es, por ejemplo, un modo IFF tal como el modo C.

La invención se refiere también a un sistema de localización de uno o más blancos por un portador equipado con una antena de dirección de apuntar dada o radar secundario caracterizado porque comprende al menos un radar primario y un sistema IFF que gobierna el radar secundario IFF, adaptado para aplicar al menos una de las características del procedimiento expuesto anteriormente.

45 El objeto de la invención ofrece especialmente las siguientes ventajas:

- Una localización más precisa del blanco, no permitiendo los sistemas de la técnica anterior más que una localización teórica y aproximada del blanco basada en la zona de apuntar de la antena.

- La posibilidad de obtener de manera precisa el sitio y el acimut real del blanco.

50 Otras ventajas y características de la presente invención se pondrán de manifiesto en la siguiente descripción en relación con los dibujos anexos que representan:

- La figura 1 es un ejemplo de sistema de localización,

- La figura 2, diferentes parámetros utilizados para determinar informaciones de localización del blanco,

- La figura 3, las posibles posiciones del blanco,
- La figura 4, la "referencia avión",
- La figura 5 una solución para despejar la indeterminación del valor de X.

5 Con el fin de comprender mejor el objeto de la presente invención, la siguiente descripción dada a título ilustrativo y en modo alguno limitativo se refiere a un sistema que comprende un blanco a localizar y un portador (avión o plataforma) equipado con una antena de barrido electrónico.

Al ser conocidas Las antenas de barrido electrónico por el Experto en la técnica, y no ser objeto de la invención, su arquitectura no se detallará,

10 El procedimiento se aplica tanto para detectar un blanco que se ha identificado, como para la identificación de objetos o de aparatos que se encuentran en una zona dada del espacio.

15 El sistema de localización representado en la figura 1 comprende por ejemplo, los siguientes elementos: un portador 1 o avión equipado con una antena electrónica de barrido 2 de dirección de apuntar dada que constituye el radar secundario o IFF que tiene especialmente por función identificar el blanco, un radar primario 3 que tiene especialmente por función permitir la localización del blanco, un sistema IFF 4 que gobierna el radar secundario. Comprende asimismo un calculador de misión 5 adaptado por ejemplo para correlacionar las informaciones procedentes del radar primario y del radar secundario con el fin de identificar de manera precisa el blanco 7 a identificar y un altímetro 6. El radar primario 3, el sistema IFF 4 y el altímetro 6 está conectados con el calculador de misión mediante conexiones clásicas conocidas por el Experto en la técnica. El portador comprende también todos los dispositivos habitualmente utilizados en el campo de la IFF.

20 El calculador de misión 5 recupera, por ejemplo, las informaciones del radar primario y las informaciones procedentes del sistema IFF. Correlaciona a continuación las informaciones de localización procedentes de estos dos radares para emitir hacia el piloto una información completa en el terminal u blanco (La información completa comprende por ejemplo, la posición exacta del blanco, su identificación, etc.).

El sistema IFF del portador, por ejemplo

- 25
- apunta la antena hacia el blanco definido por el calculador de misión,
  - emite interrogaciones especificadas por ejemplo por el calculador de misión tal como una interrogación IFF,
  - recibe y descodifica las respuestas del blanco,
  - determina la distancia (por cálculo del tiempo de propagación por ejemplo), la altitud (por ejemplo con la ayuda de la respuesta en modo C del blanco) y el azimut (ejecutando las etapas del procedimiento según la invención por ejemplo) del blanco,
- 30
- calcula la localización del blanco,
  - y a continuación transmite estas informaciones al calculador de misión.

35 El blanco 7 a identificar posee, por ejemplo, un contestador IFF no representado que descodifica las interrogaciones recibidas y que emiten las respuestas correspondientes "a la redonda". El contestador está constituido por un sistema IFF contestador 8, antenas emisoras/receptoras 8 y un codificador de altitud 10 o altímetro conocidos por el Experto en la técnica.

El sistema IFF del blanco traduce por ejemplo, la altitud del blanco en código de modo C y responde a las interrogaciones del portador.

40 Por razones de simplificación de figura, no se representan de manera detallada los diferentes elementos: radares, sistema IFF y calculadores.

Antes de explicitar las etapas ejecutadas en el procedimiento, diferentes parámetros y datos utilizados se esquematizan en la figura 2.

- 45
- El ángulo del blanco se determina por ejemplo, a partir de su código de respuesta en modo C tal como se define por ejemplo en el volumen IV – Anexo 10 de la OACI (julio 1998).
  - El ángulo de telemetría  $\alpha$  se da por ejemplo mediante la medición de la proyección, en el plano del avión, el eje de la respuesta de blanco respecto del eje de la antena. Este plano queda por ejemplo se define por ejemplo en función del eje del avión; es decir, que el plano (Ox, Oz) es paralelo al plano de las alas del avión, el plano (Ox, Oy) es paralelo al plano de deriva; el eje Ox está en la dirección del rumbo verdadero del aparato.
- 50
- La distancia D entre el portador y el blanco se determina, por ejemplo, con la ayuda del tiempo transcurrido entre la interrogación emitida por el portador y la recepción de la respuesta del blanco. El sistema IFF del portador que comprende diferentes tarjetas digitales de tratamiento (conocidas por el Experto en la técnica) y el radar IFF, efectúa por ejemplo, estos tratamientos antes de enviar hacia el calculador de misión las

informaciones de localización.

- La altitud del portador se da es por ejemplo, directamente por el calculador de misión a partir de las informaciones obtenidas a partir del altímetro.

En esta figura 2 se han representado también el acimut  $\beta$  del blanco y el sitio  $\chi$  del blanco.

5 Las etapas del procedimiento que siguen se dan como ejemplo no limitativo, en el caso en que un blanco es detectado por el radar primario del aparato. El piloto lanza, por ejemplo, una solicitud de identificación al sistema IFF, a este blanco dado. El calculador de misión transmite esta solicitud definiendo una zona del espacio en la cual se debe efectuar esta identificación.

Globalmente, el procedimiento según la invención comprende por ejemplo, al menos las dos fases siguientes:

- 10
1. apuntar la antena en la dirección de la zona a interrogar. Para esto, el calculador de misión, por ejemplo, designa el blanco o la zona a interrogar, y el sistema IFF del portador posiciona la antena, efectuando por lo tanto la apuntar de la antena (dirigir el haz de interrogación hacia el blanco).
  2. explotar las informaciones recibidas del o los blancos interrogados, con el fin de localizar estos blancos de manera precisa.

15 Esta localización de los datos se realiza en primer lugar en el sistema IFF portador, con el fin de generar las informaciones de localización, y a continuación en el calculador de misión para correlacionar las informaciones de localización IFF y las informaciones de localización del radar primario.

Las informaciones utilizadas por el sistema IFF del portador son por ejemplo las siguientes:

- 20
- Información de distancia: la distancia corresponde al conjunto de los puntos equidistantes del blanco al portador, este conjunto constituye la esfera de localización del blanco;
  - Información de telemetría: el conjunto de los puntos asociados a un valor de telemetría dada, constituye por ejemplo un plano perpendicular al plano del avión;
  - Información de altitud: el conjunto de los puntos que se pueden encontrar en una altitud dada constituye un plano paralelo al plano del avión anteriormente definido.

### 25 Posibles posiciones del blanco

Las posibles posiciones de blanco se determina por ejemplo, a partir de la intersección de las tres siguientes figuras geométricas: la esfera de localización, el plano perpendicular al plano del avión, el plano paralelo al plano del avión. Como máximo hay dos posibles posiciones del blanco procedentes de estas intersecciones. La figura 3 esquematiza el plano de equi-telemetría (I), una esfera de blancos equidistantes (II), el plano de equi-altitud (III), sus intersecciones y las posibles posiciones del blanco  $P_1, P_2, P_3, P_4$ .

30 Para determinar la posición exacta del blanco, el sistema IFF del portador utiliza la dirección de apuntar  $P$  y la altitud  $A$  del blanco para deducir la única posible posición entre los dos pares  $\{P_1, P_3\}$  y  $\{P_2, P_4\}$  y el valor de la altitud del blanco entre los puntos  $P_1$  y  $P_2$  o  $P_3$  y  $P_4$ .

### Localización

35 Para realizar la segunda fase, la localización del blanco, el procedimiento ejecuta por ejemplo, las etapas detalladas en lo sucesivo.

Previamente, se recuerdan algunas indicaciones utilizadas.

- 40
- Altitud  $A$  del blanco: bien un blanco situado a la altitud  $A$ , donde  $A$  se expresa en metros. La altitud se da por ejemplo por descodificación del código SIF según la definición proporcionada por el volumen IV Anexo 10 de la OACI (julio 1998). El equipo IFF utiliza la respuesta recibida en modo C para determinar la altitud del blanco, por ejemplo, por recepción de un código en modo C, descodifica esta respuesta y la transforma en altitud.
  - Acimut  $\beta$  del blanco: respecto del portador, este blanco se encuentra en el acimut  $\beta$  y a la distancia  $D$ , con  $\beta$  expresado en grados y  $D$  expresado en metros, por ejemplo. Esta distancia  $D$  se determina por ejemplo midiendo el tiempo entre la emisión de la solicitud de interrogación y la recepción de la respuesta del blanco, por el sistema IFF del portador.
  - Sitio del blanco: obtenido por ejemplo por  $\chi = \text{asin}((A - A_{pf})/D)$ .
  - Altitud de la plataforma: indicada  $A_{pf}$ .
  - Ecartometría: la Ecartometría  $\alpha$  del blanco por medición del ángulo entre la dirección de apuntar y la dirección de recepción de la respuesta.
- 45
- La dirección de apuntar  $P$ : expresada en grados respecto de la dirección de la plataforma.

Estos diferentes parámetros son por ejemplo, localizados en una "referencia avión", esquematizada en la figura 3. Esta

referencia se das en este ejemplo, con la plataforma vista de por detrás, dando x la dirección de la plataforma. Los ángulos se dan por ejemplo en el sentido horario.

Las etapas de cálculo para determinar la posición del blanco son por ejemplo, las siguientes:

5

La distancia D del blanco al portador proporciona la ecuación que define la esfera iso-distancia en la cual se puede encontrar el blanco:

$$x^2+y^2+z^2 = D^2 \quad (1)$$

A partir del valor de ecartometría  $\alpha$ , el sistema IFF del portador determina, por ejemplo, un plano paralelo al plano vertical de la plataforma que dará en el plano (x, y), por intersección con la esfera (1) anteriormente definida, un círculo  $C_1$ .

10

Es decir,  $Z_e$  es la proyección de la posición del blanco sobre el eje X:

$$Z_e = D \text{ SEN}(\alpha+P) \text{ sea cual sea el valor del par } (y, y) \quad (2)$$

P corresponde a la dirección de apuntar.

el sistema de ecuación obtenido a partir de las relaciones (1) y (2) es:

15

$$x^2+y^2+z^2 = D^2$$

$$Z_e = D \text{ SEN}(\alpha+P)$$

El sistema IFF del portador deducido de las relaciones (1) y (2) la ecuación del círculo  $C_1$  representativo de la intersección anteriormente mencionada.

$$x^2+y^2+z^2 = D^2 (1-\text{SEN}^2(\alpha+P)) \quad (3)$$

20

De manera similar, el sistema IFF del portador puede obtener en el plano (x, z), un plano que corresponde al plano iso-altitud del blanco.

Es decir,  $y_a$  es la proyección de la posición del blanco sobre el eje y:

$$y_a = (A-A_{pf}) \text{ sea cual sea el par } (x,z) \quad (4)$$

De donde el sistema de ecuación deducido de las relaciones (1) y (4) por el sistema IFF

25

$$x^2+y^2+z^2 = D^2$$

$$y_e = A-A_{pf}$$

que deduce el círculo  $C_2$  que resulta de la intersección con la esfera inicial

$$x^2+z^2 = D^2 - (A-A_{pf})^2$$

$$D^2 = y_a^2$$

30

Para obtener las posibles coordenadas por ejemplo del blanco, el sistema IFF realiza la intersección de los dos círculos  $C_1$  y  $C_2$  definidos por las relaciones (3) y (5).

$$\begin{cases} y^2 + x^2 = D^2(1 - \text{SEN}^2(\alpha + P)) \\ x^2 + z^2 = D^2 - y_a^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} y^2 = D^2(1 - \text{SEN}^2(\alpha + P)) - x^2 \\ z^2 = D^2 - y_a^2 - x^2 \\ x^2 + y^2 + z^2 = D^2 - x^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow D^2 - D^2 \text{SEN}^2(\alpha + P) - x^2 + D^2 - y_a^2 - x^2 + x^2 = D^2$$

$$\Rightarrow x^2 = D^2(1 - \text{SEN}^2(\alpha + P)) - y_a^2 \quad (6)$$

Las coordenadas del blanco en la referencia avión se determinan por las siguientes relaciones:

$$\begin{cases} z = D \operatorname{SEN}(\alpha + P) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} y = A - A_{pf} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x = \pm \sqrt{D^2(1 - \operatorname{SEN}^2(\alpha + P)) - y_a^2} \end{cases} \quad (6)$$

Para despejar la indeterminación respecto de x, los sistemas IFF ejecutan por ejemplo la siguiente etapa suplementaria:

$$\begin{cases} \text{Si } -90^\circ < (P + \alpha) < +90^\circ \Rightarrow x = \sqrt{D^2(1 - \operatorname{SEN}^2(\alpha + P)) - y_a^2} \\ \text{Si } \begin{cases} (P + \alpha) > +90^\circ \\ (P + \alpha) < -90^\circ \end{cases} \Rightarrow x = -\sqrt{D^2(1 - \operatorname{SEN}^2(\alpha + P)) - y_a^2} \end{cases}$$

5 Esta indeterminación se representa en la figura 5 que representa las dos soluciones correspondientes.

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento de determinación de la posición de uno o más blancos mediante una antena de barrido de tipo IFF, teniendo la antena una dirección de apuntar dada, comprendiendo dicho procedimiento en el transcurso de una interrogación IFF una etapa en el transcurso de la cual el calculador de misión del sistema IFF combina al menos tres parámetros representativos de la posición del o los blancos, de la del portador y la dirección de apuntar del haz de la antena para localizar el blanco, **caracterizado porque** los tres parámetros son la distancia D del blanco al portador, la altitud A del blanco y la  $A_{pf}$  del portador equipado con la antena IFF y el valor de telemetría del blanco, obteniéndose dicha altitud A por recepción de una respuesta tras dicha interrogación IFF y **porque** comprende las siguientes etapas:

- determinar el círculo  $C_1$  que resulta de la intersección de la esfera iso-distancia sobre la cual se puede encontrar el blanco y de un plano sensiblemente paralelo al plano vertical del portador equipado con la antena IFF.
- determinar el círculo  $C_2$  procedente de la intersección del plano iso-altitud del blanco y de la esfera iso-distancia,
- realizar la intersección de los dos círculos  $C_1$  y  $C_2$  para obtener las coordenadas del blanco.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** las coordenadas del blanco son dadas por las siguientes relaciones:

$$\begin{cases} z = D \text{SEN}(\alpha + P) & (2) \\ y = A - A_{pf} & (4) \\ x = \pm \sqrt{D^2(1 - \text{SEN}^2(\alpha + P)) - y_n^2} & (6) \end{cases}$$

3.- Procedimiento según la reivindicación 2 **caracterizado porque** comprende una etapa en la cual se determinan las coordenadas en x de la siguiente manera

$$\begin{cases} \text{Si } -90^\circ < (P + \alpha) < +90^\circ \Rightarrow x = \sqrt{D^2(1 - \text{SEN}^2(\alpha + P)) - y_n^2} \\ \text{Si } \begin{cases} (P + \alpha) > +90^\circ \\ (P + \alpha) < -90^\circ \end{cases} \Rightarrow x = -\sqrt{D^2(1 - \text{SEN}^2(\alpha + P)) - y_n^2} \end{cases}$$

4.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizado porque** el modo de interrogación del portador hacia el blanco es un modo IFF, modo C.

5.- Sistema de localización de uno o más blancos por un portador equipado con una antena de dirección de apuntar dada o radar secundario (2) **caracterizado porque** comprende al menos un radar primario (3) y un sistema IFF (4) en conexión con el radar secundario (2) y adaptado para aplicar al menos una de las características del procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4.

FIG.1

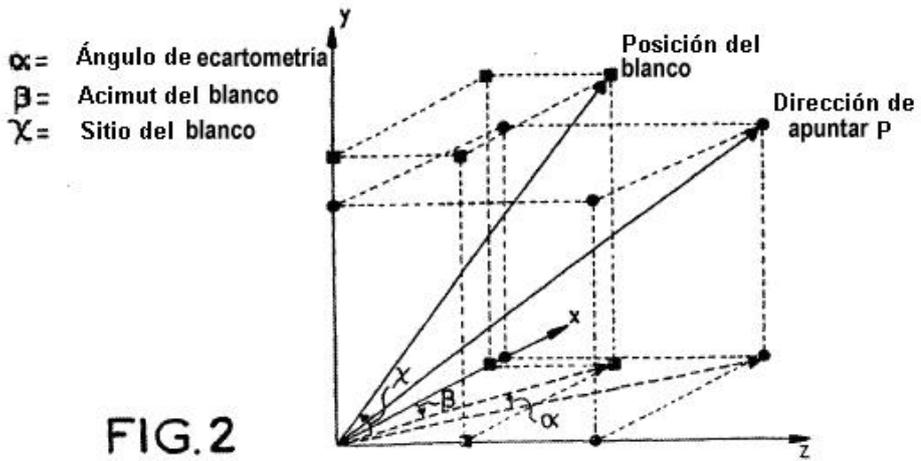
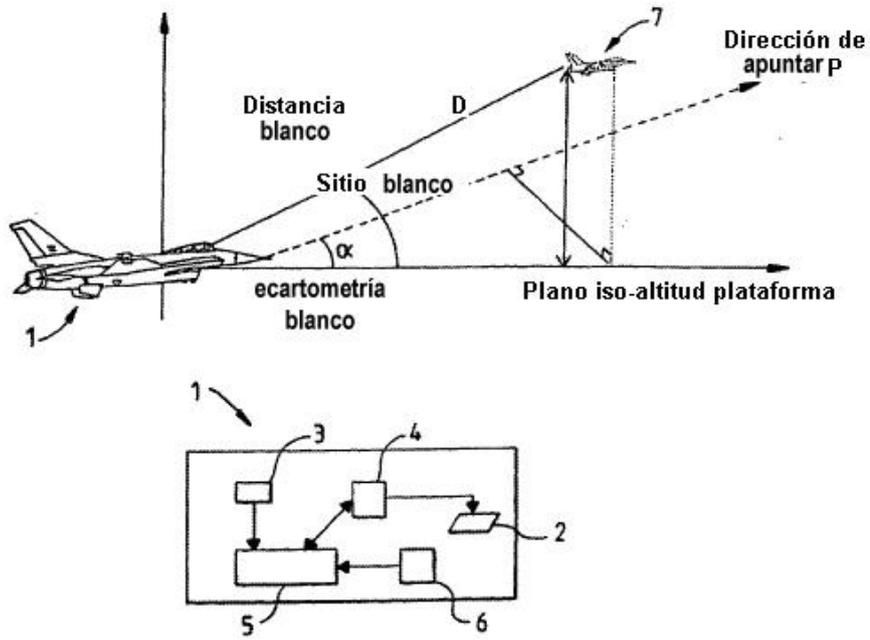


FIG.3

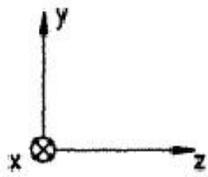
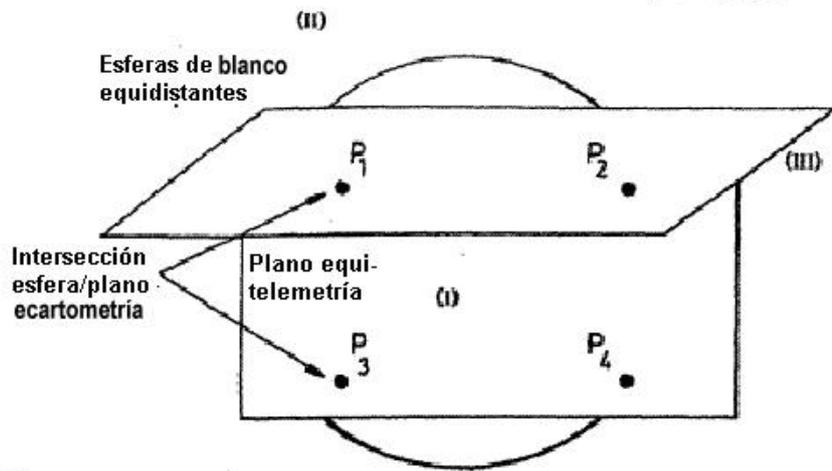


FIG.4

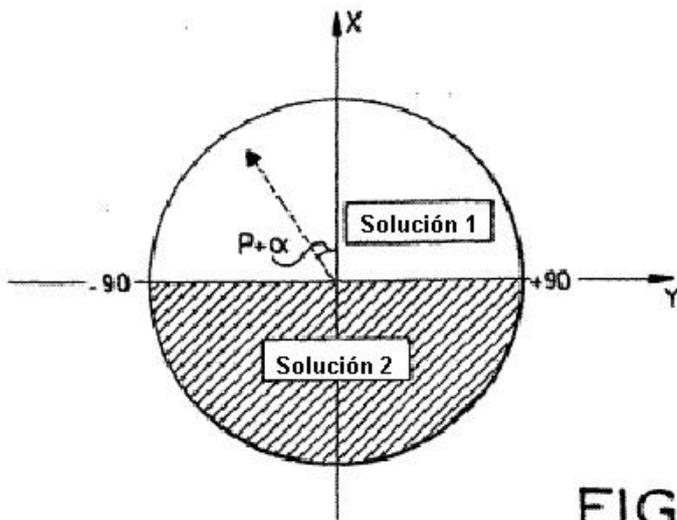


FIG.5