

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 600**

51 Int. Cl.:

G01S 5/16 (2006.01)

G01S 3/782 (2006.01)

G01S 7/495 (2006.01)

F41G 7/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2016 E 16290184 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3151032**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la distancia entre un receptor aéreo y un emisor terrestre fijo**

30 Prioridad:

02.10.2015 FR 1502052

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

02.03.2020

73 Titular/es:

**MBDA FRANCE (100.0%)
1, avenue Réaumur
92350 Le Plessis-Robinson, FR**

72 Inventor/es:

**ROCHER, HÉLÈNE y
GARRIGUES, PIERRE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 745 600 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 dispositivo para determinar la distancia entre un receptor aéreo y un emisor terrestre fijo

La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para determinar la distancia entre un receptor aéreo de posición conocida y un emisor terrestre fijo.

5 Aunque las aplicaciones de dicho procedimiento pueden ser diversas, la presente invención es particularmente adecuada para implementarse en un detector de lanzamiento de misiles que está montado a bordo de una aeronave (por ejemplo, un avión u otro misil) y cuyo objetivo es proteger dicha aeronave contra un misil de ataque hostil disparado desde el suelo. Para hacer esto, de manera conocida, un detector de lanzamiento de misiles comprende un generador de imágenes infrarrojas (el receptor aéreo) capaz de detectar la emisión infrarroja (el emisor terrestre fijo) producida por la llama de propulsión de dicho misil de ataque y emitir una alarma a bordo de dicha aeronave a proteger.

10 En lo sucesivo, la presente invención se describirá más particularmente con referencia a dicho detector de lanzamiento de misiles.

15 El generador de imágenes infrarrojas de un detector de lanzamiento de misiles es capaz, por su línea de visión, de indicar la dirección en la que se produce la emisión infrarroja del disparo del misil de ataque, pero no puede proporcionar la distancia que separa a este último de la aeronave a proteger. Sin embargo, las características de sensibilidad y de campo de dicho generador de imágenes infrarrojas son altas, de modo que detecta muchas fuentes infrarrojas distintas a la emisión infrarroja del disparo del misil de ataque y eso puede dar lugar a falsas alarmas. Para evitar esta última desventaja, un detector de lanzamiento de misiles debe funcionar según algoritmos complejos capaces de eliminar estas falsas alarmas, o al menos para reducir su número.

20 Por supuesto, dichos algoritmos complejos afectan a la velocidad de identificación de una alarma real, lo que limita, en la aeronave a proteger, el tiempo de reacción ante un disparo de misil de ataque hostil.

Además, por el documento US-2011/309983 se conoce un procedimiento para determinar la distancia entre un receptor aéreo y un emisor fijo, utilizando un modelo digital de terreno.

25 La presente invención está destinada en particular a superar los inconvenientes mencionados anteriormente al permitir que un detector de lanzamiento de misiles determine de forma rápida y precisa la distancia que lo separa de una fuente de infrarrojos.

Así, al conocer esta distancia, el detector de lanzamiento de misiles puede interpretar la intensidad infrarroja aparente (función de distancia) que recibe desde dicha fuente infrarroja e identificar la naturaleza de esta última.

30 Para este propósito, según la invención, el procedimiento para determinar continuamente la distancia entre un receptor aéreo móvil, de una manera conocida en una trayectoria conocida, y un emisor terrestre fijo, siendo dicho emisor observado por dicho receptor según una línea de visión de dirección variable con el desplazamiento de dicho receptor, se caracteriza por realizar las siguientes operaciones:

35 a') mediante la implementación de un modelo digital de terreno que es representativo de la parte de terreno en la que se encuentra dicho emisor fijo y que indica la altura máxima y la altura mínima de esa parte de terreno, determinar, para cada posición de una pluralidad de posiciones sucesivas de dicho receptor aéreo a lo largo de su trayectoria, un valor de distancia máxima y un valor de distancia mínima que definen un intervalo de valores de distancia en el que se encuentra el valor real de la distancia entre dicho receptor y dicho emisor con respecto a la posición correspondiente de dicho receptor aéreo;

40 b') en cada una de dichas posiciones sucesivas de dicho receptor aéreo, medir el valor del ángulo de azimut y el valor del ángulo de elevación de la dirección correspondiente de dicha línea de visión;

c') para cada uno de una pluralidad de puntos de la parte de dicho modelo digital de terreno incluido en cada uno de dichos intervalos de valores de distancia obtenidos en la etapa a'), calcular la distancia teórica que separa dicho punto y dicho receptor, así como los valores del ángulo de azimut teórico y del ángulo de elevación teórico de la dirección de dicha distancia teórica;

45 d') comparar las series de valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación para dicha línea de visión, obtenidas en la etapa b'), respectivamente con las series de valores de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico obtenidas en la etapa c'); y

50 e') considerar que la evolución de la distancia real entre el receptor y el emisor, mientras dicho receptor se mueve en su trayectoria, está representada por la evolución de la distancia teórica calculada en la etapa c'), para la cual las series de valores de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico son respectivamente las más próximas a las series de valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación de dicha línea de visión.

Cabe señalar que, a diferencia de la mayoría de procedimientos de medición de distancia, como la triangulación, la precisión de la determinación de la distancia entre el emisor y el receptor es independiente de la velocidad de desplazamiento del receptor, siendo esta precisión igual de válida tanto para una velocidad baja como para una velocidad alta de este último.

5 La presente invención se refiere además a un dispositivo de detección de infrarrojos:

- que está montado a bordo de una aeronave equipada con un dispositivo de posicionamiento que permite conocer la posición de dicha aeronave en cada instante, y
- que comprende un detector de infrarrojos capaz de detectar una emisión infrarroja terrestre, así como medios de medición que indican la dirección de la línea de visión debajo de la cual dicho detector de infrarrojos observa dicha emisión infrarroja,

este dispositivo de detección de infrarrojos se caracteriza por que:

- dichos medios de medición proporcionan valores de ángulo de azimut y de ángulo de elevación para la dirección de dicha línea de visión; y
- dicho dispositivo de detección comprende además:

- un modelo digital de terreno que es representativo del terreno en el que se encuentra dicha emisión infrarroja terrestre y que indica la altura máxima y la altura mínima de dicho terreno; y
- medios de cálculo configurados para:

- calcular un valor de distancia mínima y un valor de distancia máxima entre los cuales se encuentra el valor real de la distancia entre dicho detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre;
- calcular una pluralidad de distancias teóricas intermedias comprendidas entre dicho valor de distancia mínima y dicho valor de distancia máxima;
- calcular para cada una de dichas distancias teóricas intermedias el ángulo de azimut y el ángulo de elevación de la dirección correspondiente; y
- comparar los valores calculados del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de cada una de dichas distancias teóricas intermedias con los valores medidos del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de la dirección de dicha línea de visión.

Además, según la invención, dichos medios de cálculo están configurados para asignar en cada instante, a la distancia entre el detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre, el valor de la distancia teórica intermedia cuyos valores calculados del ángulo del azimut y del ángulo de elevación están respectivamente más cerca de los valores medidos del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de la dirección de la línea de visión.

Además, según la invención, dichos medios de cálculo están configurados para equiparar la evolución temporal de la distancia entre el detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre a una evolución temporal de distancia teórica intermedia para la cual las series de valores calculados de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico son, respectivamente, las más próximas a las series de valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación de dicha línea de visión.

Se entenderá fácilmente que la presente invención se refiere además a un dispositivo de detección de lanzamiento de misiles que comprende las características del dispositivo de detección de infrarrojos descrito anteriormente, así como a una aeronave, en particular un misil, que comprende dicho dispositivo de detección de lanzamiento de misiles.

Las figuras del dibujo adjunto aclararán cómo se puede realizar la invención. En estas figuras, referencias idénticas designan elementos similares.

La figura 1 es un diagrama que ilustra los principios de la presente invención.

La figura 2 ilustra el ángulo de azimut y el ángulo de elevación de la línea de visión de un receptor.

Las figuras 3A y 3B son diagramas de tiempo que representan, respectivamente, los cambios en los ángulos de azimut y los ángulos de elevación en función de posiciones sucesivas del receptor.

La figura 4 es un diagrama de bloques del dispositivo de detección según la presente invención.

La figura 1 muestra esquemáticamente una aeronave AC que describe una trayectoria T y que lleva un receptor infrarrojo R. En cada instante t_i (con $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ entero), la posición P_i de la aeronave AC (y, por lo tanto, del

receptor infrarrojo R) se conoce con una precisión ΔP en un sistema de ejes X (latitud), Y (longitud) y Z (altitud), como se ilustra en la figura 2.

5 La aeronave AC sobrevuela un terreno representado por un modelo digital de terreno MNT, con precisión ΔMNT , que indica la altitud mínima H_{min} y la altitud máxima H_{max} de dicho terreno. En este hay un emisor de infrarrojos E observado por el receptor de infrarrojos R a lo largo de la línea de visión LVi , cuando la aeronave AC está en la posición P_i . Como se ilustra en la figura 2, la dirección D_i de la línea de visión LVi puede definirse por su ángulo de elevación hDi y su ángulo de azimut $azDi$, con una precisión ΔD .

10 Debido a la incertidumbre ΔP acerca de la precisión de la posición de la aeronave AC, la incertidumbre ΔMNT acerca de la precisión del modelo digital de terreno MNT y la incertidumbre ΔD acerca de la precisión de la dirección D_i de la línea de visión LVi , de esta última dirección D_i solo puede saberse que está comprendida entre una dirección máxima D_{imax} y una distancia mínima D_{imin} .

15 Como resultado, la distancia real entre el receptor R y el emisor E está comprendida entre una distancia mínima D_{imin} , correspondiente a la distancia que separa el receptor R y el punto p_{min} de intersección entre la dirección D_{imin} y la altitud máxima H_{max} , y una distancia máxima D_{imax} , correspondiente a la distancia que separa el receptor R y el punto p_{max} de intersección entre la dirección D_{imax} y la altitud mínima H_{min} . La distancia real entre el receptor R en la posición P_i y el emisor E está comprendida, por lo tanto, entre D_{imin} y D_{imax} , que determinan un intervalo de valores de distancia ΔD .

20 Por lo tanto, según la presente invención, se empieza determinando, de la manera descrita anteriormente, el intervalo de valores de distancia ΔD en el que se encuentra el valor real de la distancia entre el receptor R en la posición P_i y el emisor E.

Después, con la ayuda de los instrumentos de la aeronave AC, se mide el valor $azDi$ del ángulo de azimut y el valor hDi del ángulo de elevación de la línea de visión LVi del receptor R.

25 Además, para cada uno de una pluralidad de puntos P_j (con $j = 2, 3, \dots, j, \dots$, número entero q) de la parte mnt del modelo digital DTM comprendido en dicho intervalo de valores de distancia ΔD se calcula la distancia teórica d_j que separa este punto p_j del receptor R, así como los valores azj del ángulo de azimut teórico y hj del ángulo de elevación teórico de la dirección D_j de dicha distancia teórica d_j . Después de eso, los valores medidos $azDi$ y hDi del ángulo de azimut y el ángulo de elevación de la línea de visión LVi se comparan, respectivamente, con los valores calculados azj y hj del ángulo de azimut teórico y del ángulo de elevación teórico para cada dirección D_j .

30 Para la posición P_i de la aeronave AC en su trayectoria T, se puede considerar, después de esta comparación, que la distancia real entre el receptor R y el emisor E es igual a la de las distancias teóricas d_j cuya dirección D_j presenta los valores azj del ángulo de azimut teórico y hj del ángulo de elevación teórico, respectivamente, más próximos a los valores medidos $azDi$ y hDi del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de la línea de visión LVi .

35 Por supuesto, lo que se ha descrito anteriormente para la posición P_i de la aeronave AC se puede repetir para cada posición P_1, P_2, \dots, P_n de la misma. De este modo, se obtiene una serie de valores estimados de la distancia emisor E - receptor R conforme al desplazamiento de la aeronave AC a lo largo de su trayectoria T.

Como dicho proceso puede estar sujeto a imprecisiones de medición, una variante preferida del procedimiento según la presente invención consiste en, como se ilustra en las figuras 3A y 3B:

40 a') con la ayuda del modelo digital de terreno MNT, determinar, para cada posición de una pluralidad de posiciones P_i sucesivas (en los instantes t_0, t_1, \dots, t_n) del receptor R, un valor de distancia máxima D_{imax} y un valor de distancia mínima D_{imin} , con los ángulos de azimut $azdimax$ y $azdimin$ y los ángulos de elevación $hdimax$ y $hdimin$ correspondientes, delimitando un intervalo de valores de distancia en el que se encuentra el valor real de la distancia entre el receptor R y el emisor E en la posición P_i del receptor R;

b') en cada una de las posiciones sucesivas P_i del receptor R, medir el valor del ángulo de azimut $azDi$ y el valor del ángulo de elevación hDi de la dirección correspondiente de la línea de visión LVi ;

45 c') para cada uno de una pluralidad de puntos p_j de la parte mnt del modelo digital de terreno MNT comprendido en cada uno de los intervalos de valores de distancia obtenidos en la etapa a'), calcular la distancia teórica d_j que separa dicho punto p_j y el receptor R, así como los valores del ángulo de azimut teórico $azjth$ y del ángulo de elevación teórico $hjth$ de la dirección D_j de la distancia teórica d_j ;

50 d') comparar las series de los valores medidos de ángulo de azimut $azDi$ y de ángulo de elevación hDi , obtenidos en la etapa b'), respectivamente, con las series de valores de ángulo de azimut teórico $azjth$ y de ángulo de elevación teórico $hjth$ obtenidos en la etapa c'); y

e') estimar que la evolución de la distancia real entre el receptor R y el emisor E, cuando la aeronave AC se desplaza en su trayectoria, está representada por la evolución de la distancia teórica d_j , calculada en la etapa c'), para el cual las series de valores de ángulo de azimut teórico $azjth$ y de ángulo de elevación teórico $hjth$

son respectivamente las más próximas a las series de valores medidos de ángulo de azimut α y de ángulo de elevación h_{Di} de la línea de visión L_{Vi} .

- La figura 4 muestra esquemáticamente un dispositivo de detección de infrarrojos según la presente invención, que está montado a bordo de la aeronave AC y que comprende el receptor R, aquí en forma de un detector de infrarrojos capaz de detectar una emisión infrarroja terrestre, formada aquí por el emisor E. La aeronave AC comprende un dispositivo de posicionamiento PO que le permite conocer su posición en cada instante y el dispositivo de detección infrarroja comprende medios de medición MLV que indican la dirección de la línea de visión LV en la que el detector de infrarrojos R observa la emisión infrarroja terrestre E, estando esta dirección definida por el ángulo de azimut y el ángulo de elevación de la línea de visión.
- 5
- 10 El dispositivo de detección de infrarrojos de la figura 4 comprende además medios de cálculo CP, conectados al dispositivo de posicionamiento PO y a los medios de medición MLV, así como un modelo digital de terreno MNT que representa el terreno en el que se encuentra la emisión infrarroja E y que indica la altura máxima y la altura mínima de este terreno, estando también está conectado dicho modelo digital de terreno a dichos medios de cálculo CP.
- 15 A partir de la información que reciben del dispositivo de posicionamiento PO, del modelo digital de terreno MNT y de los medios de medición MLV, los medios de cálculo CP se configuran según la presente invención para:
- calcular un valor de distancia mínima y un valor de distancia máxima entre los cuales se encuentra el valor real de la distancia que separa dicho detector de infrarrojos de dicha emisión infrarroja terrestre;
 - calcular una pluralidad de distancias teóricas intermedias comprendidas entre dicho valor de distancia mínima y dicho valor de distancia máxima;
 - 20 - calcular para cada una de dichas distancias teóricas intermedias el ángulo de azimut y el ángulo de elevación de la dirección correspondiente; y
 - comparar los valores calculados del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de cada una de dichas distancias teóricas intermedias con los valores medidos del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de la dirección de dicha línea de visión.
- 25 Como se mencionó anteriormente, dichos medios de cálculo CP se pueden configurar para proporcionar en su salida S:
- información que asigna, en cada instante, a la distancia entre el detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre, el valor de la distancia teórica intermedia cuyos valores calculados del ángulo de azimut y del ángulo de elevación están más cerca de los valores medidos del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de la dirección de dicha línea de visión; o bien
 - 30 - información que equipara la evolución temporal de la distancia entre el detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre a una evolución temporal de distancia teórica intermedia para la cual las series de valores calculados de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico están respectivamente más cerca de las series de valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación de dicha línea de visión.
- 35 A partir de lo expuesto anteriormente, se deduce que el dispositivo de detección de infrarrojos de la figura 4 tiene una aplicación evidente en la detección de lanzamiento de misiles.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación continua de la distancia entre un receptor aéreo (R) móvil de manera conocida en una trayectoria conocida (T) y un emisor terrestre fijo (E), siendo dicho emisor observado por dicho receptor según una línea de visión (LV_i) de dirección variable al desplazamiento de dicho emisor,

5 caracterizado por que implementa las siguientes operaciones:

10 a') mediante la implementación de un modelo digital de terreno (MNT) que es representativo del terreno en el que se encuentra dicho emisor fijo (E) y que indica la altura máxima (H_{max}) y la altura mínima (H_{min}) de ese terreno, determinar, para cada posición de una pluralidad de posiciones sucesivas de dicho receptor aéreo (R) a lo largo de su trayectoria (T), un valor de distancia máxima (dim_{max}) y un valor de distancia mínima (dim_{min}) que definen un intervalo de valores de distancia en el que se encuentra el valor real de la distancia entre dicho receptor y dicho emisor con respecto a la posición correspondiente de dicho receptor aéreo;

15 b') en cada una de dichas posiciones sucesivas de dicho receptor aéreo, medir el valor del ángulo de azimut (az_{Di}) y el valor del ángulo de elevación (h_{Di}) de la dirección correspondiente de dicha línea de visión (LV_i);

20 c') para cada uno de una pluralidad de puntos (p_j) de la parte (mnt) de dicho modelo digital de terreno (MNT) comprendido en cada uno de dichos intervalos de valores de distancia obtenidos en la etapa a'), calcular la distancia teórica entre dicho punto y dicho receptor, así como los valores de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico de la dirección de dicha distancia teórica;

25 d') comparar las series de los valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación, obtenidos en la etapa b'), respectivamente con las series de los valores de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico obtenidos en la etapa c'); y

30 e') considerar que la evolución de la distancia real entre el receptor y el emisor, mientras dicho receptor (R) se desplaza a lo largo de su trayectoria (T), está representada por la evolución de la distancia teórica calculada en la etapa c'), para la cual las series de los valores de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico son, respectivamente, las más próximas a las series de valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación de dicha línea de visión.

2. Dispositivo de detección de infrarrojos,

- que está montado a bordo de una aeronave (AC) equipada con un dispositivo de posicionamiento (PO) que permite conocer la posición de dicha aeronave en cada instante; y

30 - que comprende un detector de infrarrojos (R) capaz de detectar una emisión infrarroja terrestre (E), así como medios de medición (MLV) que indica la dirección de la línea de visión (LV_i) bajo la cual dicho detector de infrarrojos (R) observa dicha emisión infrarroja (E),

caracterizado:

35 - por que dichos medios de medición (MLV) proporcionan valores de ángulo de azimut y de ángulo de elevación para la dirección de dicha línea de visión (LV_i);

- por que dicho dispositivo de detección comprende además:

- un modelo digital de terreno (MNT) que es representativo del terreno en el que se encuentra dicha emisión infrarroja terrestre (E) y que indica la altura máxima y la altura mínima de dicho terreno; y

- medios de cálculo (CP) configurados:

40 ◦ para calcular un valor de distancia mínima y un valor de distancia máxima entre los cuales se encuentra el valor real de la distancia entre dicho detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre;

 ◦ para calcular una pluralidad de distancias intermedias teóricas comprendidas entre dicho valor de distancia mínima y dicho valor de distancia máxima;

45 ◦ para calcular para cada una de dichas distancias intermedias teóricas, el ángulo de azimut y el ángulo de elevación de la dirección correspondiente; y

 ◦ para comparar los valores calculados del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de cada una de dichas distancias intermedias teóricas con los valores medidos del ángulo de azimut y del ángulo de elevación de la dirección de dicha línea de visión (LV_i);

- por que dichos medios de cálculo (CP) están configurados para asignar, en cada instante, a la distancia entre el detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre, el valor de la distancia intermedia teórica cuyos valores calculados del ángulo de azimut y del ángulo de elevación son los más próximos a los valores medidos del ángulo de azimut y del ángulo elevación de la dirección de dicha línea de visión (LVi); y
- 5 - por que dichos medios de cálculo (CP) están configurados para equiparar la evolución temporal de la distancia entre el detector de infrarrojos y dicha emisión infrarroja terrestre con una evolución temporal de la distancia intermedia teórica para la cual las series de los valores calculados de ángulo de azimut teórico y de ángulo de elevación teórico son, respectivamente, las más próximas a las series de valores medidos de ángulo de azimut y de ángulo de elevación de dicha línea de visión (LVi).
- 10 3. Dispositivo de detección de lanzamiento de misiles,
caracterizado por que comprende las características del dispositivo de detección de infrarrojos según la reivindicación 2.
4. Aeronave,
caracterizada por que está equipada con el detector de lanzamiento de misiles según la reivindicación 3.

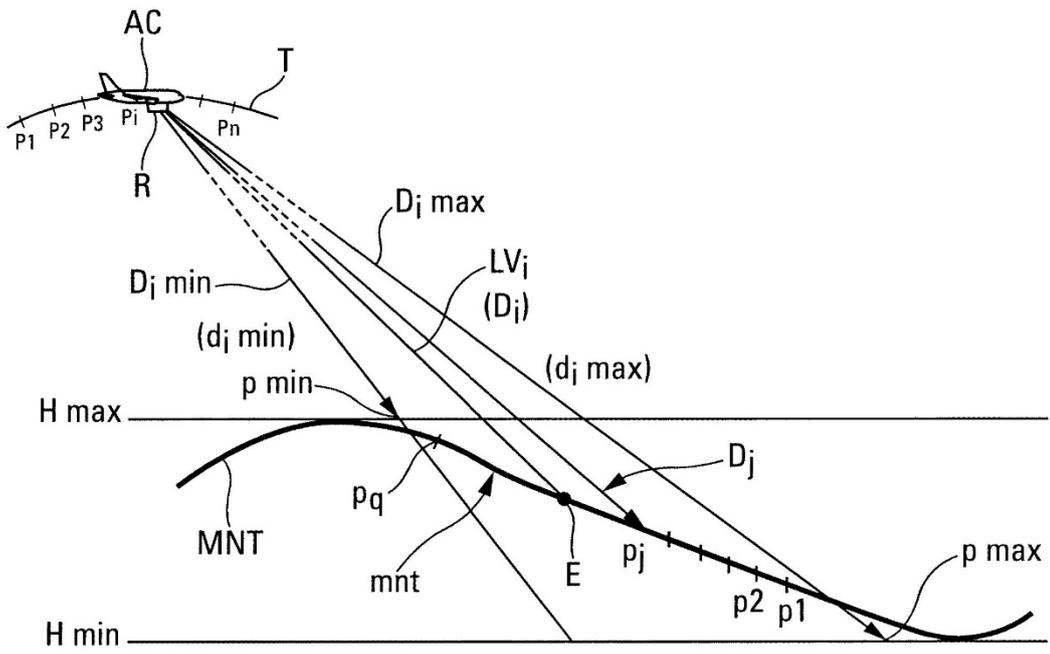


Fig. 1

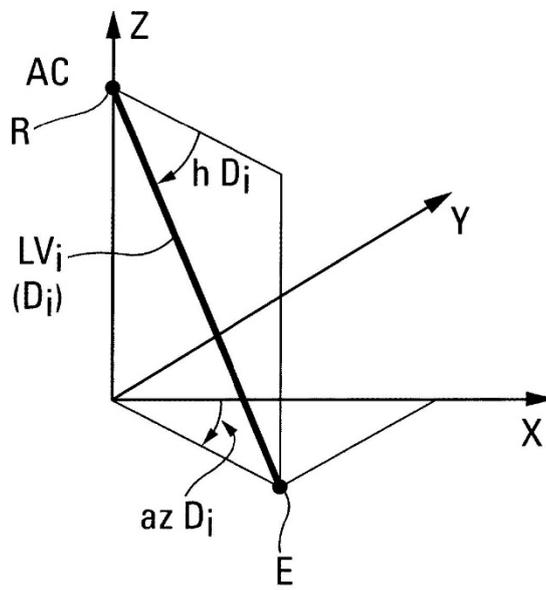


Fig. 2

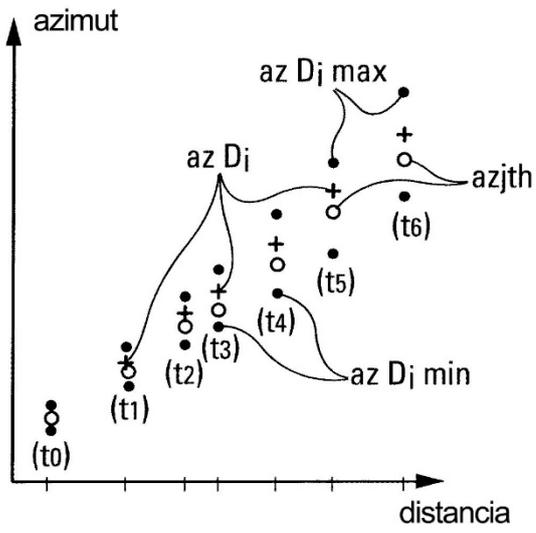


Fig. 3A

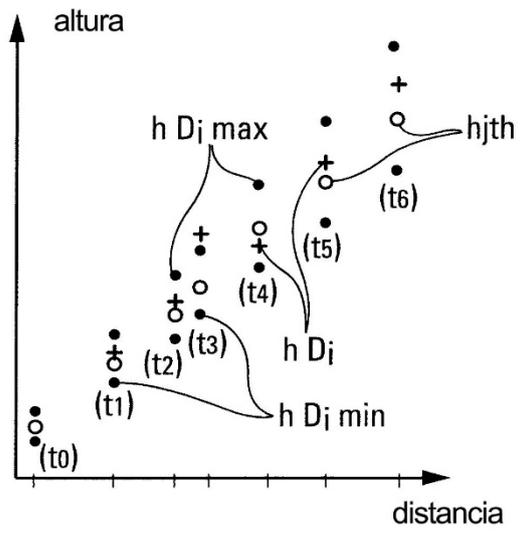


Fig. 3B

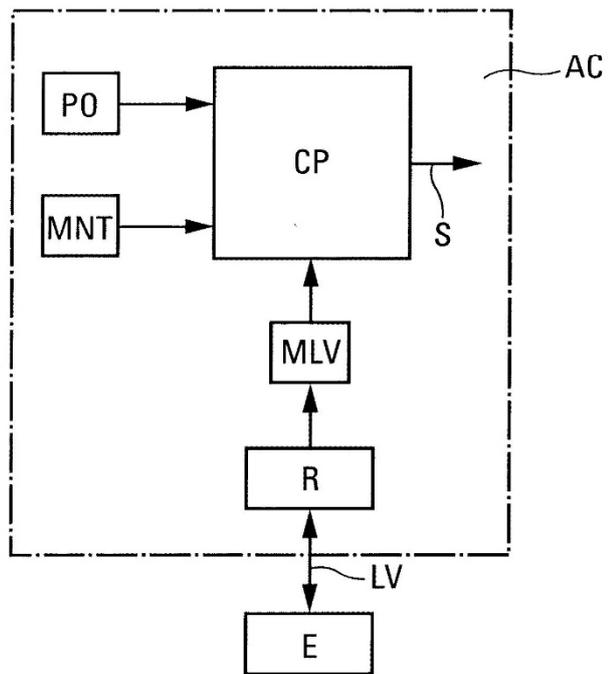


Fig. 4