

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 571 706**

51 Int. Cl.:

G08G 5/00 (2006.01)

G08G 5/04 (2006.01)

G01S 13/93 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2010 E 10724267 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2452327**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el procesamiento de informaciones de colisión**

30 Prioridad:

08.07.2009 DE 102009032368

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

26.05.2016

73 Titular/es:

**CASSIDIAN AIRBORNE SOLUTIONS GMBH
(100.0%)
Sebaldsbrücker Heerstr. 235
28309 Bremen, DE**

72 Inventor/es:

VYSHNEVSKYY, MATTHIAS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 571 706 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 el procesamiento de informaciones de colisión

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para el procesamiento de informaciones de colisión en un objeto volador.

5 En el marco de la seguridad del tráfico aéreo es de especial importancia evitar colisiones entre objetos. Esto se refiere tanto a objetos voladores conocidos como también a objetos voladores desconocidos.

10 Los métodos habituales actualmente para la prevención de colisiones en el tráfico aéreo se basan en que un piloto de una aeronave ve otros participantes en el tráfico aéreo u otros impedimentos y los esquina de acuerdo con las reglas del tráfico aéreo. Para la mejora de la visibilidad propia, salvo algunas excepciones, todas las aeronaves deben presentan luces anti-colisión. Además, existen aeronaves, que están configuradas con un sistema de radar, para representar objetos extraños sobre una pantalla. Este método basado en el reconocimiento no es cooperativo, por lo tanto no tiene lugar ninguna comunicación que esté destinada a la prevención de colisiones entre las aeronaves.

15 En los llamados espacios aéreos supervisados, a través del control del tráfico aéreo (ATC) se realiza una prevención de la colisión a través de un controlador en tierra, por ejemplo a través de previsiones de altura o de trayectoria de vuelo en los participantes en el tráfico aéreo o a través de instrucciones sobre otras aeronaves, espacios aéreos bloqueados, obstáculos estacionarios o alturas mínimas de vuelo.

20 Además, existen sistemas cooperativos para la prevención de colisiones. En el caso de aeronaves pequeñas, por ejemplo aeronaves planeadoras, se ha establecido un sistema propietario de prevención de colisiones con la designación FLARM. En el caso de aeronaves mayores existe un sistema parcialmente automático con la designación TCAS, en el que los aparatos-TCAS de las aeronaves igualan sus trayectorias, de tal manera que se pueden proponer a los pilotos trayectorias de vuelo que evitan la colisión.

25 La prevención de la colisión basada en la visión solamente es condiciones de visibilidad de vuelo y, por lo tanto, depende de las condiciones meteorológicas. Los sistemas de radar pueden reconocer otras aeronaves independientemente de las condiciones de visibilidad, pero necesitan un gasto técnico alto, como por ejemplo sistemas de antenas múltiples o antenas pivotables, para posibilitar la resolución necesaria y el reconocimiento de la dirección. Los sistemas cooperativos necesitan una contra parte compatible en la otra aeronave.

30 El documento DE 102007032084 A1 publica un procedimiento para la previsión de la trayectoria con la ayuda de la fusión de sensores, que emplea radares de alta resolución o sensores ópticos en combinación con sensores de distancia de baja resolución. Además de la complejidad y el peso de los aparatos utilizados resulta la necesidad de extrapolar la trayectoria de vuelo de otras aeronaves por medio de métodos asistidos por ordenador. En virtud del riesgo de no calcular correctamente o de manera inequívoca la trayectoria de vuelo, resulta un software de alta complejidad, que es correspondientemente costoso de validar y de mantener y, además, requiere para la realización un ordenador de alta potencia con alto consumo de potencia.

35 El documento US 3045231 publica un procedimiento para el procesamiento de informaciones de colisión.

Por lo tanto, el cometido de la presente invención es preparar un procedimiento y un dispositivo para el procesamiento de informaciones de colisión, que se basan en componentes sencillos y economizadores de energía y posibilitan una prevención no cooperativa de colisiones.

40 Este cometido se soluciona por medio del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y el dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13. Las formas de configuraciones ventajosas se pueden deducir a partir de las reivindicaciones dependientes.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención para el procesamiento de informaciones de colisión en un objeto volador presenta las etapas del procedimiento: detección de datos de radar por sectores al menos en un cuadrante delantero derecho y procesamiento de una primera regla. Como objeto colador se designa la aeronave, en la que se procesan las informaciones de colisión. A partir de los datos de radar se puede calcular para un objeto que se encuentra en un sector al menos la distancia y la velocidad de aproximación. Como objeto se designa cada objeto estacionario o móvil, con el que puede colisionar potencialmente el objeto volador. La velocidad de aproximación es aquella velocidad, con la que se reduce la distancia entre el objeto volador y el objeto.

50 Los datos de radar por sectores son acondicionados por radares de sectores, que supervisan un sector del espacio dependiente de la configuración del radar con relación al radar. Un radar de sector está, por ejemplo exclusivamente, en condiciones en condiciones de establecer si un objeto se encuentra en el sector supervisado, qué distancia tiene y a qué velocidad se aproxima. Normalmente no puede resolver dónde se encuentra el objeto dentro del sector. Tales radares de sector están constituidos sencillos, ligeros, probados como fiables, se pueden

adquirir como componente estándar y necesitan poca energía.

5 De acuerdo con la primera regla se emite una información de instrucción cuando un objeto se encuentra dentro de un primer horizonte de decisión, el objeto se aproxima a la aeronave y el objeto se encuentra en el cuadrante delantero derecho. En la información de instrucción se trata, por ejemplo, de una alarma amarilla o un aviso. La información de instrucción se emite, por ejemplo, al piloto del objeto volador. La emisión de una información de instrucción puede comprender también la emisión, por ejemplo a una estación de tierra o a un piloto, que no se encuentra a bordo del objeto volador.

10 Un horizonte de decisión es una distancia desde el objeto volador. Los objetos, que se encuentran dentro del horizonte de decisión, provocan la preparación de informaciones de colisión, es decir, especialmente informaciones sobre la distancia desde el objeto volador y la velocidad de aproximación, que son procesadas a continuación. El horizonte de decisión se calcula, por ejemplo, como producto de un periodo de tiempo de decisión y de la velocidad de aproximación del objeto al objeto volador. El periodo de tiempo de decisión es la duración de tiempo mínima, en la que el objeto debe ser detectado o tenido en consideración antes de la colisión posible. El periodo de tiempo de decisión está con preferencia entre 30 y 90 segundos, en particular 60 segundos. De acuerdo con una primera configuración, se calcula el primer horizonte de decisión al menos a partir del producto de un primer periodo de tiempo de decisión y la velocidad de aproximación.

15 De manera alternativa o adicional se establece para un horizonte de decisión una distancia concreta, por ejemplo una milla náutica (1852 metros) o 750 pies (229 metros). Si se calcula el horizonte de decisión a partir del producto y la distancia absoluta, entonces se selecciona como horizonte de decisión, por ejemplo la menos de las dos distancias. Esto no sólo se aplica para el primero sino también para todos los horizontes de decisión.

20 El cuadrante derecho delantero es aquel cuadrante del espacio, que se encuentra con relación al eje longitudinal del objeto volador y, por lo tanto, normalmente también con respecto a la dirección de vuelo del objeto volador, en la dirección delantera sobre el lado derecho. Los radares de sectores cubren con preferencia todo el cuadrante delantero derecho, pero al menos una zona del cuadrante delantero derecho, que está adyacente al eje longitudinal del objeto volador. Opcionalmente están previstos también radares de sector, cuyas zonas de detección cubren sectores en el cuadrante delantero izquierdo.

25 Con preferencia, además, se lleva a cabo el cálculo de un tiempo de colisión como cociente de la distancia del objeto dividida por la velocidad de aproximación, cuando se cumplen las condiciones de la primera regla. El tiempo de colisión es la duración de tiempo, después de la cual el objeto volador colisionará con el objeto, cuando la velocidad de aproximación se mantiene constante. Dentro del tiempo de colisión deben decidirse y tomarse las medidas que eviten una colisión.

30 De manera ventajosa, se desactiva la transferencia de un punto de la trayectoria cuando se cumplen las condiciones de la primera regla y se determina la trayectoria de vuelo del objeto volador con la ayuda de una regulación de líneas teóricas de posición. Durante una regulación de líneas teóricas de posición se define una trayectoria de vuelo a través de puntos del recorrido sobre la trayectoria de vuelo y los ángulos de vuelo de aproximación sobre los puntos respectivos de la trayectoria, las llamadas líneas teóricas de posición. La desactivación de la transferencia de un punto de la trayectoria significa que el objeto volador mantiene su rumbo actual. Esto es ventajoso especialmente cuando el objeto volador es adelantado por otro objeto, puesto que el otro objeto entonces puede extrapolar correctamente la trayectoria de vuelo del objeto volador.

35 De acuerdo con la invención, se procesa una segunda regla, de acuerdo con la cual se calcula un segundo horizonte de decisión al menos a partir de la velocidad de aproximación y un segundo periodo de tiempo de decisión y se coloca durante la regulación de las líneas teóricas de posición del objeto volador un punto de desviación, cuando el objeto se encuentra dentro del segundo horizonte de decisión, el objeto se aproxima y el objeto se encuentra en una zona parcial izquierda del cuadrante delantero derecho.

40 El segundo horizonte de decisión se calcula, como ya se ha descrito anteriormente, como producto de la velocidad de aproximación y un segundo periodo de tiempo de decisión. El segundo periodo de tiempo de decisión corresponde, por ejemplo, al primer periodo de tiempo de decisión. La zona parcial izquierda del cuadrante delantero derecho es una parte del cuadrante delantero derecho, que comienza en el eje longitudinal de objeto volador y se extiende en los cuadrantes delanteros derechos. Con preferencia el plano límite entre el cuadrante delantero izquierdo y el cuadrante delantero derecho está contenido en la zona parcial izquierda del cuadrante delantero derecho. De esta manera se asocian objetos, que se aproximan frontalmente al objeto volador, a la zona parcial izquierda.

45 La zona parcial izquierda presenta con preferencia una anchura entre 40 grados y 50 grados, en particular 45 grados. De manera ventajosa, el borde derecho de la zona parcial izquierda corresponde al límite del sector derecho de uno de los radares de sector y se encuentra insignificamente a la izquierda de este límite del sector, por ejemplo a menos de 3 grados de distancia del mismo. Un objeto, que es detectado por un sector de radar, cuyo sector se encuentra dentro de la zona parcial izquierda, se aproxima, por lo tanto, al objeto volador en un ángulo

pequeño.

Opcionalmente, sólo se desactiva la transferencia del punto de la trayectoria a partir de la primera regla cuando el objeto detectado se encuentra en el cuadrante delantero derecho, pero fuera de la zona parcial izquierda.

5 En una forma de configuración de la segunda regla, se calcula un tiempo de colisión como cociente de la distancia de un objeto dividido por su velocidad de aproximación y se coloca el punto de desviación de la trayectoria a una distancia, que corresponde con preferencia al producto de la velocidad del objeto volador con el tiempo de colisión, y en un ángulo, que se calcula a partir de la mitad de la anchura de la zona parcial izquierda multiplicada por el periodo de tiempo de decisión, dividido por el tiempo de colisión, a la derecha de la dirección de vuelo del objeto volador. El objeto volador modifica su rumbo, por lo tanto, hacia la derecha, para eludir el objeto detectado delante a la derecha. El cociente del periodo de tiempo de decisión y el tiempo de colisión influye en el ángulo del punto de desviación de la trayectoria, con el propósito de que en el caso de una colisión inminente, se seleccione un ángulo mayor, mientras que en el caso de un tiempo restante mayor hasta la colisión es suficiente un ángulo menor para la prevención de la colisión. De manera opcional, el ángulo del punto de desviación de la trayectoria está limitado a 90 grados. Además, opcionalmente la distancia del punto de desviación de la trayectoria está limitada, por ejemplo a 15 750 metros.

En otra forma de configuración de la segunda regla, se reduce la velocidad el objeto volador, cuando se cumplen las condiciones de la segunda regla y la velocidad del objeto volador después de la reducción es mayor que una velocidad mínima. De esta manera se incrementa el tiempo hasta la colisión y se simplifica una desviación.

20 En otro desarrollo del procedimiento se procesa una tercera regla, de acuerdo con la cual se introduce un vuelo de bajad o vuelo de subida, cuando se aproxima un objeto y el objeto se encuentra dentro de un tercer horizonte de decisión. Cuando la altura de vuelo del objeto colador es mayor que un valor umbral, entonces se introduce un vuelo de bajada, por ejemplo con velocidad de bajada máxima y/o en torno a 150 pies. En otro caso, se introduce un vuelo de subida, por ejemplo con velocidad de subida máxima y/o en torno a 150 pies. El valor umbral se selecciona de tal manera que el objeto volador no baja por debajo de la altura de vuelo mínima después del vuelo de bajada. Para la 25 tercera regla no es necesario que el objeto se encuentre en el cuadrante delantero derecho. A una distancia demasiado pequeña del objeto desde el objeto volador se realiza la modificación de la altura para la prevención de la colisión independientemente de la posición del objeto.

30 El tercer horizonte de decisión se calcula, por ejemplo, al menos a partir de la velocidad de aproximación y de un tercer periodo de tiempo de decisión, por ejemplo como producto de estos valores como ya se ha descrito anteriormente. El tercer periodo de tiempo de decisión es con preferencia menor que el primero y el segundo periodos de tiempo, por ejemplo la mitad, dos tercios o tres cuartos, y durante con preferencia 15 segundos. Esto conduce a que la adaptación de la altura se realice especialmente en el caso de peligro inmediato de colisión.

35 En un desarrollo de la tercera regla, se calcula un tiempo de colisión como cociente de la distancia dividida por la velocidad de aproximación y en el caso de regulación de las líneas teóricas de posición del objeto volador se coloca un punto de desviación de la trayectoria, cuando el objeto se encuentra en el cuadrante delantero derecho, y se cumplen las condiciones de la tercera regla. En este caso, se coloca el punto de desviación de la trayectoria a una distancia, que corresponde con preferencia al producto de la velocidad del objeto volador con el tiempo de colisión, y en un ángulo, que se calcula a partir de la anchura de la zona parcial izquierda multiplicada por el periodo de tiempo de decisión dividido por el tiempo de colisión, a la izquierda de la dirección de vuelo del objeto volador. 40 Opcionalmente, la distancia del punto de desviación de la trayectoria está limitada, por ejemplo a 1000 metros.

Con este desarrollo, el objeto volador no sólo modifica su trayectoria de vuelo, sino también su dirección de vuelo. El punto de desviación de la trayectoria se calcula esencialmente como en la segunda regla, pero el ángulo es mayor en el factor 2. Además, se coloca el punto de desviación de la trayectoria a la izquierda de la dirección de vuelo en lugar de a la derecha.

45 La distancia y la velocidad de aproximación de un objeto se determinan o bien se exploran con preferencia de forma periódica, por ejemplo de 0,5 a tres veces por segundo, con preferencia una vez por segundo. De esta manera se puede realizar una modificación temporal de la situación, al mismo tiempo los radares de sectores requieren sólo poca energía y es posible una utilización múltiple de las frecuencias de radar. En cada transición, un radar de sector emite, por ejemplo, un impulso de un milisegundo de largo. Después de cada exploración se verifican las 50 condiciones previas de las reglas.

55 Si una de las reglas conduce a que se coloque un nuevo punto de desviación de la trayectoria, entonces se borra con preferencia un punto de desviación de la trayectoria existente. De acuerdo con ello, durante la aplicación de la segunda regla se actualiza el punto de desviación de la trayectoria hasta que el objeto ha abandonado la zona parcial izquierda del cuadrante delantero derecho. Además, se borra un punto de desviación de la trayectoria cuando se ha evitado con éxito la colisión, de manera que se puede retornar a la trayectoria de vuelo adicional.

Con preferencia, se incrementa un contador de objetos de riesgo asociado a una regla, cuando un objeto cumple de

nuevo las condiciones de esta regla. Un objeto cumple de nuevo las condiciones de una regla, cuando cumple las condiciones por primera vez o se cumplen las condiciones, pero no se han cumplido en la verificación precedente. De esta manera, el contador de objetos de riesgo indica cuántos objetos cumplen actualmente las condiciones de la regla correspondiente. De esta modo, a la primera regla está asociado un primer contador de objetos de riesgo, a la segunda regla está asociado un segundo contador de objetos de riesgo y a la tercera regla está asociado un tercer contador de objetos de riesgo.

Con preferencia, existe una prioridad entre las reglas. En particular, una regla con un número más alto tiene una prioridad más elevada. De acuerdo con ello, las repercusiones de una regla de prioridad más elevada sobrescriben las repercusiones de una regla de prioridad más baja.

Opcionalmente, se calcula una duración de una medida, en particular en 1,1 veces el tiempo de colisión. La duración de las medidas es aquella duración de tiempo, para la que se realizan las medidas provocadas por las reglas. Esto puede incluir todas las medidas, incluyendo la desactivación de la transferencia del punto de la trayectoria.

La invención se refiere, además, a un dispositivo para el procesamiento de informaciones de colisión en un objeto volador o en una estación de tierra, desde la que se conduce el objeto volador, que presenta al menos dos radares de sector, cuya zona de detección acumulativa cubre al menos un cuadrante delantero derecho y que calculan para un objeto que se encuentra en un sector al menos una distancia y a velocidad de aproximación, y una unidad de cálculo, que está configurada para realizar el procedimiento descrito anteriormente.

Con preferencia, el cuadrante delantero derecho se cubre por al menos dos radares de sector, de manera que una zona parcial izquierda del cuadrante delantero derecho es cubierta por al menos un radar de sector y el resto del cuadrante delantero derecho es cubierto por al menos un radar de sector. De esta manera, se puede detectar directamente si un objeto se encuentra en la zona parcial izquierda del cuadrante delantero derecho.

Opcionalmente, los sectores cubiertos por los radares de sector se solapan en sus bordes. La cobertura está, por ejemplo, entre 2 y 10 grados, con preferencia 5 grados.

La presente invención se explicará en detalle con la ayuda de un ejemplo de realización con cinco escenarios. En este caso, la figura 1 muestra de forma esquemática un dispositivo de acuerdo con la invención y las figuras 2 a 20 muestran diferentes situaciones de tráfico aéreo de los escenarios en diferentes instantes.

La figura 1 muestra de forma esquemática un dispositivo 1 para el procesamiento de informaciones de colisión en un objeto volador. El dispositivo 1 presenta cuatro sectores de radar 2, 3, 4 y 5, que presentan, respectivamente, una zona de detección vertical (FOV, Field Of View, Campo de Visión) de 30 grados y una zona de detección horizontal de 50 grados. La zona de detección horizontal se indica por medio de las líneas de trazos. En la dirección de la zona de detección horizontal, los radares de sector están dispuestos desplazados alrededor de 45 grados, de manera que las zonas de detección horizontales de dos radares de sector vecinos se intersectan 5 grados. Esto se puede reconocer especialmente en la figura 2. La figura 2 muestra el semiespacio delantero visto desde el objeto volador. Este semiespacio está dividido en un cuadrante delantero izquierdo Q1 y un cuadrante delantero derecho Q2, estando el eje longitudinal del objeto volador en el plano de separación entre los dos cuadrantes.

Los dos radares de sector 4 y 5 cubren el cuadrante delantero derecho Q2. La zona de detección del radar de sector 4 comienza esencialmente en el plano de separación entre los dos cuadrantes Q1 y Q2, pero se extiende alrededor de 2,5 grados en el interior de los cuadrantes delanteros izquierdos Q1. De manera similar, los dos radares de sector 2 y 3 cubren el cuadrante delantero izquierdo Q1. El radar de sector 4 cubre una sección parcial izquierda Q21 del cuadrante delantero derecho Q2, que comienza esencialmente en el plano de separación entre los cuadrantes Q1 y Q2 y se extiende hasta 47,5 grados hacia la derecha, es decir, el borde derecho de la zona de detección del radar de sector 4. La parte restante del cuadrante delantero derecho está designada con Q22.

Cada uno de los radares de sector 2 a 5 está configurado para calcular para un objeto que se encuentra en el sector respectivo al menos una distancia y la velocidad de aproximación desde el radar de sector y, por lo tanto, desde el objeto volador. Los radares de sector están conectados con una unidad de cálculo 6, que está configurada para realizar el procedimiento de acuerdo con la invención para el procesamiento de informaciones de colisión. La unidad de cálculo 6 está conectada con una interfaz 7, que está instalada para transmitir informaciones a un dispositivo de representación o a otro componente como por ejemplo un ordenador de a bordo.

Las figuras 3 a 20 muestran situaciones de tráfico aéreo ejemplares de acuerdo con diferentes escenarios. La parte inferior de las figuras muestra de forma esquemática el estado de los radares de sector 2 a 5. La parte superior de las figuras muestra la trayectoria de vuelo planificada y real del objeto volador 8 y las trayectorias de vuelo de otros objetos eventuales. En el presente caso, el objeto de vuelo 8 no está tripulado y es, por ejemplo, un dron con mando a distancia o programado. Los valores numéricos en los ejes de los sistemas de coordenadas designan distancias en [m].

La trayectoria de vuelo del objeto de vuelo 8 se predetermina con la ayuda de una regulación de las líneas teóricas

de posición. En este caso, se establecen puntos de la trayectoria a los que debe aproximarse y las direcciones de vuelo de aproximación sobre los puntos respectivos de la trayectoria. En el presente caso, se describe la trayectoria de vuelo planificada, como se indica en la figura 3, a través de los puntos de la trayectoria W1, W2, W3 y W4. El punto de la trayectoria siguiente a aproximarse volando, que se designa también como punto actual objetivo de la trayectoria se marca por medio de una X en las figuras 3 a 20. El objeto volador 8 se representa por medio de una estrella. Otros objetos se representan por medio de un rombo.

En los presentes ejemplos se parte de una consulta de los sensores y de un procesamiento de la información en el pulso de reloj de segundos. El segundo, al que corresponde la representación en una figura, se designa con "step". Se refiere a un punto cero que se puede establecer opcionalmente. La transferencia del punto de la trayectoria se realiza en un bucle de regulación, que está sobre-sincronizado en virtud de la dinámica del cuerpo volador, por ejemplo en el factor 4. Esto significa que las rutinas de la transferencia del punto de la trayectoria son procesadas cuatro veces por segundo.

En el diagrama superior se representan la trayectoria de vuelo planificada y parámetros actuales de los aparatos voladores. "VEL" designa la velocidad del objeto volador 8 en [m/s]. "PHI" corresponde al ángulo de suspensión en [°], "TRK" corresponde al rumbo en [°], "RHO" corresponde al ángulo del rumbo con respecto al punto objetivo de la trayectoria en [°] y "VST" corresponde al gradiente en [m/s]. Las modificaciones en los parámetros, por ejemplo como consecuencia de procesamiento de las reglas, solamente son visibles naturalmente en la etapa siguiente.

En el diagrama inferior se representan parámetros del procedimiento descrito aquí. "min dist" designa la distancia con respecto al objeto colocado más próximo en [m]. "RISK" representa tres contadores de objetos de riesgo. Los valores de los contadores de objetos de riesgo están separados por trazos inclinados. "tI" designa el instante de la colisión o el instante de impacto. El instante de la colisión se calcula para cada objeto a partir de la distancia del objeto dividida por la velocidad de aproximación del objeto (designada como vrel), que son calculadas ambas por un radar de sector. Opcionalmente se añade al instante de la colisión calculado de esta manera un periodo de tiempo constante, por ejemplo cinco segundos. El tiempo de la colisión indicado en las figuras tI es el mínimo de todos los tiempos de colisión calculados. "tM" designa la duración de una medida a introducir y se calcula, por ejemplo, como 1,1 por tI. En las figuras "Inf" representa indefinido. Min dist y tI son indefinidos cuando no se detecta otro objeto en el rumbo de la colisión.

En los presentes escenarios, el primer periodo de tiempo de decisión tE1 es 60 segundos, el segundo periodo de tiempo de decisión tE2 es 30 segundos. El tercer periodo de tiempo de decisión tE3 se selecciona con 10 segundos. El primer horizonte de decisión es el menor de dos valores, siendo uno de los valores una distancia fija de una milla náutica y siendo el otro valor el producto de vrel y tE1. El segundo horizonte de decisión es el menor de dos valores, siendo uno de los valores una distancia fija de 750 más tres por el radio de las curvas del objeto volador 8 y el otro vapor el producto de vrel y tE2. El tercer horizonte de decisión es el menor de dos valores, siendo uno de los valores una distancia fija de 750 pies y el otro valor el producto de vrel y tE3. De esta manera se determina un horizonte de decisión esencialmente a través de un tiempo de preaviso deseado y la velocidad de aproximación, pero limitado hacia abajo por una distancia mínima.

La figura 3 muestra un primer escenario, en el que la trayectoria de vuelo es planificada y volada con la ayuda de los cuatro puntos de la trayectoria W1, W2, W3 y W4. En este primer escenario, no se encuentra ningún otro objeto en el rumbo de la colisión. En el instante representado de 90 segundos después de pasar el punto de la trayectoria W1, el objeto volador 8 se encuentra poco antes del punto de la trayectoria W3 y está poco antes de tomar rumbo al siguiente punto de la trayectoria W4.

Un segundo escenario se muestra en las figuras 4 a 7. A diferencia del escenario de la figura 3, un objeto 9 cruza la trayectoria de vuelo del objeto volador 8 desde la derecha hacia la izquierda. El objeto 9 está autorizado para el vuelo cruza a la misma altura.

En la figura 5 se puede reconocer que los dos radares de sector 4 y 5 detectan el objeto 8, puesto que se encuentra en la zona de solape de las zonas de detección. De esta manera, el objeto 9 se encuentra en la zona parcial izquierda Q21 del cuadrante delantero derecho Q2. El objeto 9 es detectado a una distancia de 1807 metros y se calcula el tiempo de colisión tI en 18.8 segundos. En el contador RISK se puede reconocer que el objeto 9 cumple las condiciones de las reglas 1 y 2, es decir que estas reglas están activadas. A continuación, de acuerdo con la regla 2 se coloca un punto de desviación W5 y se modifica el rumbo de manera correspondiente. En el presente ejemplo, el objeto 9 se encuentra también después de la primera modificación del rumbo todavía en la zona de detección del radar de sector 4. La regla 2 permanece, por lo tanto, activada en adelante. En la etapa siguiente se borra el punto de desviación de la trayectoria W5 y se sustituye por un nuevo punto de desviación de la trayectoria. Esto prosigue hasta que en step = 9s se ha colocado el punto de desviación de la trayectoria W6 y se ha aplicado un rumbo, de manera que el objeto se encuentra en la zona de detección del radar de sector 3, por lo tanto en el cuadrante delantero izquierdo Q1 y no existe ya peligro de colisión. Esto se muestra en la figura 6.

Como se representa en la figura 7, cuando se alcanza una distancia de conmutación desde el punto objetivo de la

trayectoria, en el presente caso un radio estándar de las curvas de 400 metros, se borra el punto de desviación de la trayectoria W6 y se coloca el punto de la trayectoria W2 como punto objetivo actual de la trayectoria para proseguir con la trayectoria de vuelo planificada. El contador RISK se repone a 0/0/0.

5 El tercer escenario, cuya situación de partida se representa en la figura 8, se parece al segundo escenario, pero adicionalmente un objeto 10 más lento autorizado para el vuelo cruza a la misma altura desde la derecha y se encuentra en el rumbo de colisión con el objeto volador 8. El desarrollo con la activación de las reglas 1 y 2 a través del objeto 9 es en primer lugar exactamente como se representa en las figuras 4 a 7. Después del paso del objeto 9, la trayectoria de vuelo planificada del objeto volador 8 corta la del objeto 10. El objeto 10 se descubre, como se representa en la figura 9, con step = 25 segundos a la distancia de 1551 metros por el radar de sector 3 en el cuadrante delantero izquierdo Q1. La distancia indicada con dist de 988 metros se refiere al objeto 9.

10 Como se deduce a partir de la figura 10, el objeto volador 8 se ha girado durante el vuelo de aproximación sobre el punto de la trayectoria W2 en Step = 30 segundos hasta el punto de que el objeto 10 es localizado por el radar de sector 3 en el cuadrante delantero derecho Q2. En este instante, la distancia del objeto 10 es exactamente 1202 metros desde el objeto volador 8. De esta manera, el objeto 10 cumple las condiciones previas de las regla 1 y 2. Por consiguiente, se inserta un punto de desviación de la trayectoria W7 y se realiza el vuelo de aproximación y se eleva RISK a 1/1/10.

15 En el instante step = 35 segundo en la figura 11, el objeto 10 se ha aproximado hasta 945 m. Puesto que el tiempo de colisión t_l se ha calculado, sin embargo, en 10,0 segundos y el objeto 10 se aproxima al objeto volador 8, se cumplen las condiciones de la tercera regla y se eleva RISK a 0/0/1 así como se inicia un vuelo de bajada con una velocidad de bajada de 5 m/s. Como en el segundo escenario, se borra el punto de desviación de la trayectoria, aquí W7, cuando se reanuda el plan de vuelo original así como se reduce RISK a 0/0/0. Esto se representa en la figura 12.

20 El cuarto escenario, cuya situación de partida se representa en la figura 13, se parece al tercer escenario, pero cruza adicionalmente un objeto rápido 11 en el vuelo de subida desde la izquierda hacia la derecha en un ángulo agudo. El desarrollo con activación de las reglas 1 y 2 a través del objeto 9 y a continuación a través del objeto 10 es exactamente como se representa en las figuras 4 a 11.

25 En la situación, que se representa en el instante step = 43 segundos en la figura 14, el objeto 11 es detectado por el radar de sector 3, mientras que se realiza el vuelo de aproximación al punto de la trayectoria W2. Puesto que el objeto 11 es detectado en el cuadrante delantero izquierdo Q1, no se cumplen las condiciones de las reglas 1 y 2. Sin embargo, puesto que el tiempo de colisión t_l se ha calculado en 8,8 segundos y el objeto 11 se aproxima al objeto volador 8, se cumplen las condiciones de la tercera regla y se eleva RISK 0/0/1 así como se inicia un vuelo de bajada con una velocidad de bajada de 5 m/s.

30 En la situación cuatro segundos más tarde, como se representa en la figura 15, el objeto 11 se encuentra a una distancia de 309 metros y a un tiempo de colisión de $t_l = 4,7$ segundos en el cuadrante delantero derecho Q2, de manera que se cumplen las condiciones de todas las tres reglas. Por lo tanto, de acuerdo con la segunda regla se coloca un punto de desviación de la trayectoria W8 para iniciar una maniobra de desviación hacia la derecha.

35 La situación en el instante step = 51 segundos se representa en la figura 16. El objeto 11 no es detectado ya por los radares de sector 4 ó 5. Por lo tanto, no se cumplen ya las condiciones previas de la segunda regla y se reanuda el plano de vuelo original. Se repone RISK a 0/0/0.

40 En la figura 17 se representa una trayectoria de vuelo del objeto volador 8 de acuerdo con un cuarto escenario, que conducido alrededor de un objeto estacionario 13. La segunda regla ha conducido a que se haya colocado un punto de desviación hacia la derecha. Este punto de desviación ha sido aproximado en vuelo hasta que la velocidad de aproximación del objeto 12 ha sido inferior a cero, por lo tanto el objeto volador 8 se ha alejado del objeto 12. Ahora el punto de la trayectoria W2 es aproximado en vuelo como siguiente punto objetivo de la trayectoria.

45 En el quinto escenario, que se representa en la figura 18, junto al objeto estacionario 12 se encuentra otro objeto estacionario 13 en la trayectoria de vuelo planificada del objeto volador 8. El objeto estacionario 12 ha activado, como en el cuarto escenario la inserción de un punto de desviación de la trayectoria de acuerdo con la regla 2. Después de borrar el punto de desviación de la trayectoria, el objeto volador 8 ha sido girado durante el vuelo de aproximación sobre el punto de la trayectoria W2 hacia la izquierda, hasta que el objeto 13 ha sido detectado en el cuadrante delantero derecho Q2 y ha cumplido de la misma manera las condiciones de la segunda regla. Se ha colocado otro punto de desviación de la trayectoria y ha sido aproximado en vuelo antes de que se haya borrado el otro punto de desviación de la trayectoria así como haya sido aproximado en vuelo y haya sido pasado el punto de la trayectoria W2. En el instante step = 65 segundos, el objeto volador 8 se encuentra ahora en el vuelo de aproximación al punto de la trayectoria W3.

50 En el sexto escenario, que se representa en la figura 19, el objeto volador 8 es adelantado por otro objeto 14. Solamente se activa la regla 1 y se desactiva la transferencia del punto de la trayectoria. Al mismo tiempo se reduce

la marcha. Después de 14 segundos, el objeto 14 ha adelantado al objeto volador 8 en tanto que se activa la regla 2. De esta manera se anula la desactivación de la transferencia del punto de la trayectoria y se introduce un punto de desviación de la trayectoria, como se puede reconocer en la figura 20. De esta manera se coloca el objeto volador 8 a la derecha detrás del objeto 14.

- 5 Los valores numéricos mencionados en los ejemplos de realización son puramente ejemplares y se pueden seleccionar discrecionalmente. En particular, es conveniente una adaptación a las capacidades del objeto volador 8.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para el procesamiento de informaciones de colisión en un objeto volador (8), que presenta las etapas del procedimiento: detección de datos de radar sectorizados al menos en un cuadrante delantero derecho (Q2), en el que para un objeto (9, 10, 11) que se encuentra en un sector se calculan al menos la distancia y la velocidad de aproximación, y procesamiento de una primera regla, de acuerdo con la cual se emite una información de instrucción, cuando un objeto (9, 10, 11) se encuentra dentro de un primer horizonte de decisión, el objeto (9, 10, 11) se aproxima al objeto volador (8) y el objeto (9, 10, 11) se encuentra en el cuadrante delantero derecho (Q2), en el que se procesa una segunda regla, de acuerdo con la cual se calcula un segundo horizonte de decisión al menos a partir de la velocidad de aproximación y un segundo periodo de tiempo de decisión y durante la regulación de las líneas teórica de posición del objeto volador (8) se coloca un punto de desviación de la trayectoria (W5, W6, W7, W8), cuando el objeto (9, 10, 11) se encuentra dentro del segundo horizonte de decisión, se aproxima el objeto (9, 10, 11) y el objeto (9, 10, 11) se encuentra en una zona parcial izquierda (Q21) del cuadrante delantero derecho (Q2),
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el cálculo de un tiempo de colisión como cociente de la distancia dividida por la velocidad de aproximación, cuando se cumplen las condiciones de la primera regla.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que se desactiva una transferencia del punto de la trayectoria, cuando se cumplen las condiciones de la primera regla y se determina la trayectoria de vuelo (8) con la ayuda de la regulación de líneas teóricas de posición.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el primer horizonte de decisión se calcula al menos a partir del producto de un primer periodo de tiempo de decisión y la velocidad de aproximación.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que se calcula un tiempo de colisión como cociente de la distancia dividida por la velocidad de aproximación y se coloca el punto de desviación de la trayectoria (W5, W6, W7, W8) a una distancia, que corresponde al producto de la velocidad del objeto volador (8) con el tiempo de colisión, y en un ángulo, que se calcula a partir de la mitad de la anchura de la zona parcial izquierda multiplicada por el periodo de tiempo de decisión dividida por el segundo tiempo de colisión, a la derecha de la dirección de vuelo del objeto volador (8).
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el ángulo está limitado a 90 grados.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se reduce la velocidad del objeto volador (8), cuando se cumplen las condiciones de la segunda regla y la velocidad del objeto volador (8) es mayor después de la reducción que una velocidad mínima.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por el procesamiento de una tercera regla, de acuerdo con la cual se inicia un vuelo de bajada o vuelo de subida del objeto volador (8), cuando se aproxima un objeto (9, 10, 11) y el objeto (9, 10, 11) se encuentra dentro de un tercer horizonte de decisión.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que el tercer horizonte de decisión se calcula al menos a partir de la velocidad de aproximación y un tercer periodo de tiempo de decisión.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que se calcula un tiempo de colisión como cociente de la distancia dividido por la velocidad de aproximación y se coloca en la regulación de las líneas teóricas de posición del objeto volador (8) un punto de desviación (W9), cuando el objeto (9, 10, 11) se encuentra en la zona parcial derecha el cuadrante delantero derecho (Q2) y se cumplen las condiciones de la tercera regla, siendo colocado el punto de desviación de la trayectoria (W9) a una distancia, que corresponde al producto de la velocidad del objeto volador (8) con el tiempo de colisión, y en un ángulo, que se calcula a partir de la anchura de la zona parcial derecha multiplicada por el periodo de tiempo de decisión dividida por tiempo de colisión, a la izquierda de la dirección de vuelo del objeto volador (8).
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 ó 10, caracterizado por que se borra un punto de desviación (W5, W6, W7, W8, W9) existente cuando se coloca un punto de desviación nuevo (W5, W6, W7, W8, W9).
- 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que se incrementa un contador de objetos de riesgo asociado a una regla, cuando un objeto (9, 10, 11) cumple de nuevo las condiciones de esta regla.
- 13.- Dispositivo (1) para el procesamiento de informaciones de colisión en un objeto volador (8), que presenta al menos dos radares de sector (2, 3, 4, 5), que presentan, respectivamente, una zona de detección horizontal y

vertical y cuya zona de detección acumulativa cubre al menos un cuadrante delantero derecho (Q2) y que calculan para un objeto (9, 10, 11) que se encuentra en un sector al menos una distancia y la velocidad de aproximación y una unidad de cálculo (6), que está configurada para realizar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12.

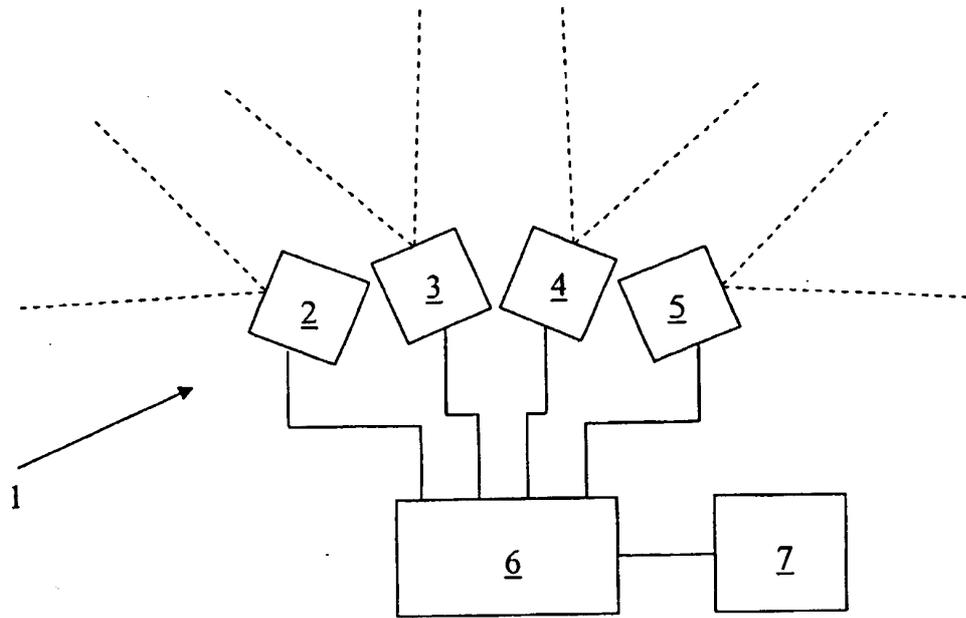


Fig. 1

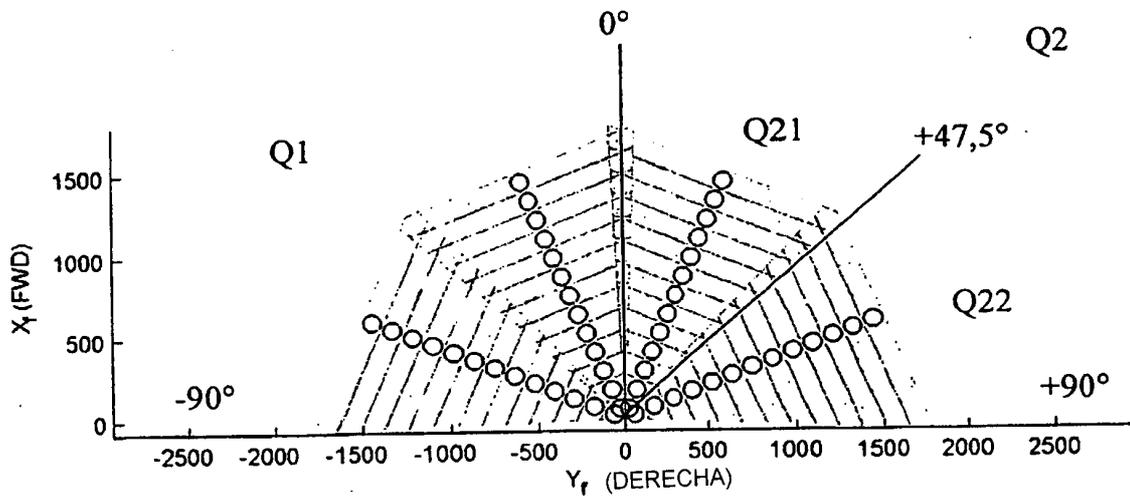


Fig. 2

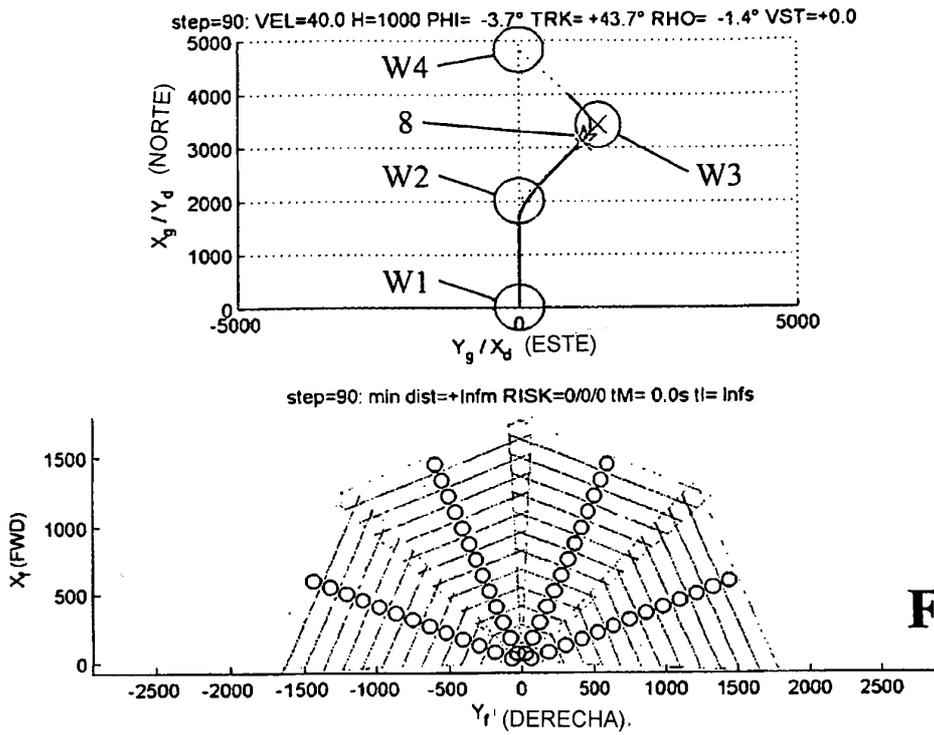


Fig. 3

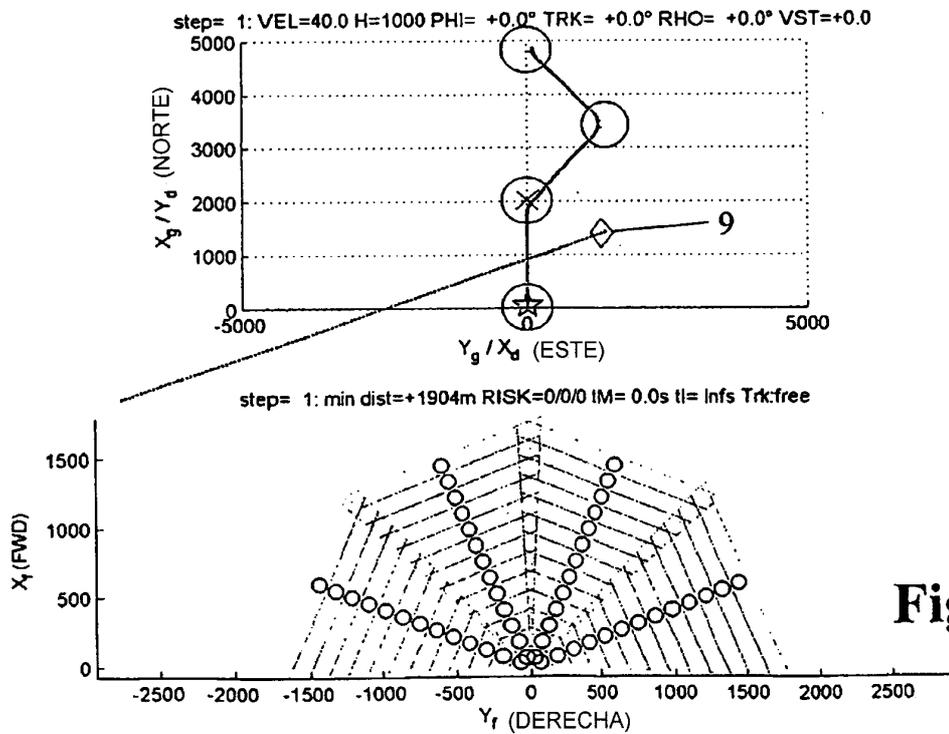


Fig. 4

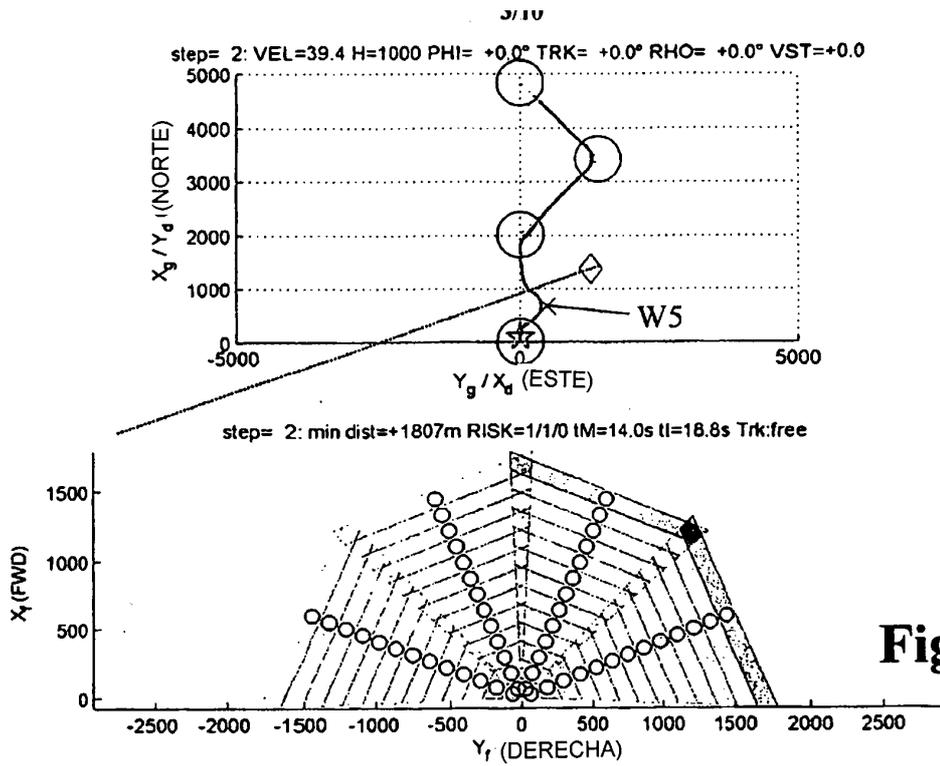


Fig. 5

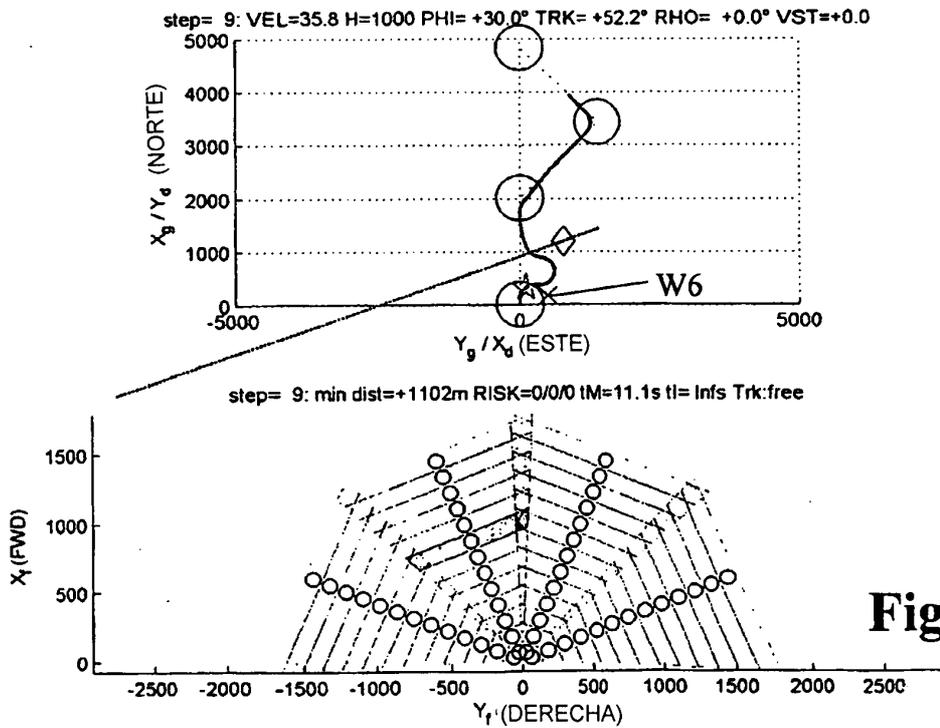


Fig. 6

