

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 516**

51 Int. Cl.:

**G06T 3/40** (2006.01)  
**G06T 7/00** (2007.01)  
**G06K 9/00** (2006.01)  
**G06T 7/20** (2007.01)  
**G08G 5/00** (2006.01)  
**G08G 5/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2009 PCT/SE2009/050279**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.09.2010 WO10107347**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2009 E 09841974 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2409274**

54 Título: **Cálculo del tiempo que falta y del tamaño de un objeto en base a la correlación de escala entre imágenes que provienen de un sensor electro - óptico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.07.2018**

73 Titular/es:  
**SAAB AB (100.0%)  
581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:  
**JONSSON, JIMMY**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 675 516 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**

Cálculo del tiempo que falta y del tamaño de un objeto en base a la correlación de escala entre imágenes que provienen de un sensor electro - óptico

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere al campo de la detección y evitación para un vehículo, y más en particular a un sistema y a un procedimiento para calcular el tiempo que falta entre un vehículo y un objeto intrusivo, y el tamaño del objeto intrusivo.

**Antecedentes**

10 Con el fin de permitir que los vehículos aéreos no tripulados (UAV) viajen en espacio aéreo civil no segregado, se deben resolver varios problemas técnicos. Uno de los problemas más importantes es el problema de "detección y evitación": un UAV debe ser capaz de detectar la presencia de otros vehículos u objetos aéreos y, si es necesario, realizar una maniobra autónoma y segura en el último instante para evitar colisiones. Por lo tanto, un UAV típicamente comprende un sistema de evitación de colisión en el aire, a veces denominado también sistema de Detección y Evitación. El sistema de Detección y Evitación incluye uno o varios sensores para detectar aeronaves u objetos intrusivos, y la funcionalidad de evitación de colisiones que utiliza los datos detectados para realizar una maniobra de escape segura. Puesto que el sistema de evitación de colisiones es un sistema que mejora la seguridad, es crucial que los datos suministrados a la funcionalidad de evitación de colisiones sean de alta calidad para evitar molestias y maniobras inseguras.

20 Un parámetro crucial en un sistema de evitación de colisiones es una entidad llamada Tiempo Que Falta (TTG), que es el tiempo que falta calculado antes de la colisión con otros vehículos u objetos aéreos intrusivos. El TTG se puede calcular sobre la base de los datos relativos a la posición y el movimiento de la propia aeronave y los datos sobre los objetos circundantes, recogidos por los sensores del sistema de evitación de colisiones.

25 Hay varias maneras conocidas de estimar el tiempo antes de la colisión con aeronaves u objetos intrusivos. Por ejemplo, es conocido el uso de cámaras para capturar imágenes consecutivas de aeronaves u objetos intrusivos de manera que el avión u objeto se represente a sí mismo como puntos objetivo en las imágenes. El TTG se puede estimar en base al cambio de escala entre los puntos objetivo de una imagen a otra.

También es bien conocido en la técnica el uso de diferentes tipos de filtros de rastreo adaptados para estimar el tiempo que falta con una aeronave cercana a partir de una secuencia de observaciones sobre la posición de la aeronave cercana, típicamente adquirida por medio de un radar.

30 Sin embargo, cada uno de los principios anteriores para estimar el tiempo que falta sufre de inconvenientes. El primer principio de acuerdo con el cual se calculan las estimaciones de tiempo que falta en base al cambio de escala entre los puntos objetivo en imágenes consecutivas adolece del inconveniente de que la incertidumbre en las estimaciones del tiempo que falta es alta. El segundo principio en el que las estimaciones del tiempo que falta son estimadas por un filtro de rastreo también adolecen del inconveniente de que la incertidumbre de las estimaciones del tiempo que falta es alta.

35 El documento de BRAUCKMANN M E ET AL: "Hacia todo lo que rodea la detección automática de obstáculos visuales para automóviles", 19941024; 19941024 - 19941026, 24 de octubre de 1994 (1994 - 10 - 24), páginas 79 - 84, XP010258310, revela un procedimiento para calcular el tiempo de colisión en base al factor de escala. El procedimiento desarrollado para medir el factor de escala relativo se basa en un mapeo polar logarítmico y el análisis cepstrum.

40 El documento de BERTHOLD KP HORN ET AL: "Tiempo de contacto relativo a una superficie plana", SIMPOSIO DE VEHÍCULOS INTELIGENTES, 2007 IEEE, IEEE, PI, 1 de junio de 2007 (2007 - 06 - 01), páginas 68 - 74, XP031126923, ISBN: 978 - 1 - 4244 - 1067 - 5 describe la determinación del tiempo para entrar en contacto a partir de imágenes variables en el tiempo usando solo sumas acumuladas de productos adecuados de derivados del brillo de la imagen.

**Sumario**

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es poder calcular el tiempo que falta entre un vehículo y un vehículo u objeto aéreo intrusivo con un alto grado de certeza.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, este objeto se consigue mediante un procedimiento para calcular un valor de Tiempo Que Falta, TTG, entre un vehículo y un objeto intrusivo, comprendiendo el citado procedimiento los pasos de:

## ES 2 675 516 T3

- recuperar una primera imagen del citado objeto intrusivo en un primer instante temporal,  $T_0$ , y una segunda imagen del citado objeto intrusivo en un segundo instante temporal,  $T_1$ ;
- filtrar la citada primera imagen y la citada segunda imagen de manera que la citada primera imagen y la citada segunda imagen se hagan independientes de la energía de señal absoluta y de manera que los bordes sean realzados;
- establecer una posición de píxel fraccionario  $X$ ,  $X_{FRAC}$ , en cero y una posición de píxel fraccionario  $Y$ ,  $Y_{FRAC}$ , en cero, en el que  $X_{FRAC}$  denota un desplazamiento horizontal a nivel subpíxel e  $Y_{FRAC}$  denota un desplazamiento vertical a nivel subpíxel; seleccionando un factor de escala,  $S_i$ ;
- escalar la citada segunda imagen con el citado factor de escala,  $S_i$  y remuestrear la citada imagen escalada a la posición  $X_{FRAC}$  y  $Y_{FRAC}$ ; lo que resulta en una imagen escalada remuestreada,  $RS_i$ ;
- calcular valores de correlación,  $C_{XPIX, YPIX, i}$ , entre la citada primera imagen y la citada imagen a escala remuestreada,  $RS_i$ , para diferentes desplazamientos horizontales a nivel de píxel,  $X_{PIX}$ , y diferentes desplazamientos verticales a nivel de píxel,  $Y_{PIX}$ , para la citada imagen escalada remuestreada  $RS_i$ ;
- encontrar un valor de correlación máximo a nivel de subpíxel,  $C_i$ , en base a los valores de correlación,  $C_{XPIX, YPIX, i}$  y actualizando  $X_{FRAC}$  y  $Y_{FRAC}$ ;
- establecer  $j = j + 1$  y repetir los pasos S46 a S49 un primer número predeterminado de veces;
- establecer  $i = i + 1$  y repetir los pasos S45 a S50 un segundo número predeterminado de veces;
- encontrar un valor máximo de correlación,  $C_{MAX}$ , entre los citados valores máximos de correlación,  $C_i$  y el factor de escala  $S_{i, MAX}$  asociado con el mayor valor de correlación máximo  $C_{MAX}$ ; y
- calcular el tiempo que falta,  $TTG$ , en base al citado factor de escala  $S_{i, MAX}$

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, el objeto se logra mediante un producto de programa informático para uso en un vehículo para calcular un Tiempo Que Falta,  $TTG$ , entre el citado vehículo y un objeto intrusivo, que comprende un medio legible por ordenador, que tiene: un medio de código legible por ordenador que, cuando se ejecuta en un medio de procesamiento del vehículo, hace que el medio de procesamiento ejecute;

- recuperar una primera imagen del citado objeto intrusivo en un primer instante temporal,  $T_0$ , y una segunda imagen del citado objeto intrusivo en un segundo instante temporal,  $T_1$ ;
- filtrar la citada primera imagen y la citada segunda imagen de manera que la citada primera imagen y la citada segunda imagen se hagan independientes de la energía de señal absoluta y de manera que los bordes sean realzados;
- establecer una posición de píxel fraccionario  $X$ ,  $X_{FRAC}$ , en cero y una posición de píxel fraccionario  $Y$ ,  $Y_{FRAC}$ , en cero, en el que  $X_{FRAC}$  denota un desplazamiento horizontal a nivel subpíxel e  $Y_{FRAC}$  denota un desplazamiento vertical a nivel subpíxel; seleccionando un factor de escala,  $S_i$ ;
- escalar la citada segunda imagen con el citado factor de escala,  $S_i$  y remuestrear la citada imagen escalada a la posición  $X_{FRAC}$  e  $Y_{FRAC}$ ; lo que resulta en una imagen escalada remuestreada,  $RS_i$ ;
- calcular los valores de correlación,  $C_{XPIX, YPIX, i}$ , entre la citada primera imagen y la citada imagen escalada remuestreada,  $RS_i$ , para diferentes desplazamientos horizontales a nivel de píxel,  $X_{PIX}$ , y diferentes desplazamientos verticales a nivel de píxel,  $Y_{PIX}$ , para la citada imagen escalada remuestreada  $RS_i$ ;
- encontrar un valor de correlación máximo a nivel de subpíxel,  $C_i$ , en base a los citados valores de correlación,  $C_{XPIX, YPIX, i}$  y actualizar  $X_{FRAC}$  e  $Y_{FRAC}$ ;
- establecer  $j = j + 1$  y repetir los pasos S46 a S49 un primer número predeterminado de veces;
- establecer  $i = i + 1$  y repetir los pasos S45 a S50 un segundo número predeterminado de veces;
- encontrar un valor de correlación máximo,  $C_{MAX}$ , entre los citados valores de correlación máximo,  $C_i$  y el factor de escala  $S_{i, MAX}$  asociado con el citado valor de correlación máximo  $C_i$ ; y
- calcular el Tiempo Que Falta,  $TTG$ , en base al citado factor de escala  $S_{i, MAX}$

Una ventaja con el procedimiento y el sistema de acuerdo con las realizaciones de la presente invención es que se logra un valor muy preciso del factor de escala que se usa para calcular el tiempo que falta.

Otra ventaja de las realizaciones de la presente invención es que el tamaño de un vehículo u objeto aéreo intrusivo en una imagen puede ser estimado con un alto grado de certeza.

- 5 Las características más ventajosas del procedimiento y del sistema de acuerdo con la presente invención se describirán en la descripción detallada que sigue en la presente memoria descriptiva.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá en lo que sigue en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

10 La figura 1 ilustra una vista superior de la mitad delantera de un Vehículo Aéreo No Tripulado 10 que comprende sensores electro - ópticos usados en la presente invención.

La figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema de acuerdo con las realizaciones de la presente invención para calcular el tiempo que falta y el tamaño en una imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo.

La figura 3 ilustra un principio usado en la presente invención para calcular el tiempo que falta.

15 La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra realizaciones del procedimiento de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada

En la descripción que sigue, con propósitos de explicación y no de limitación, se exponen detalles específicos, tales como secuencias particulares de pasos y configuraciones de dispositivo con el fin de proporcionar una comprensión completa de la presente invención. Será evidente para un experto en la técnica que la presente invención puede ser realizada con otras realizaciones que se apartan de estos detalles específicos.

25 Además, los expertos en la técnica apreciarán que las funciones y los medios que se explican en la presente memoria descriptiva y en lo que sigue pueden ser implementados usando un software que funciona en conjunto con un microprocesador programado o un ordenador de propósito general, y / o usando un circuito integrado de aplicación específica (ASIC). También se apreciará que, aunque la presente invención se describe principalmente en forma de procedimientos y dispositivos, la invención también puede ser incorporada en un producto de programa informático así como en un sistema que comprende un procesador informático y una memoria acoplada al procesador, en el que la memoria está codificada con uno o más programas que pueden realizar las funciones que se describen en la presente memoria descriptiva.

30 La figura 1 ilustra una vista superior de la mitad delantera de un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) 10. El UAV 10 comprende uno o varios sensores electro - ópticos (EO) 201 para controlar el tráfico aéreo circundante.

En la realización ejemplar que se ilustra en la figura 1, se aprecia que el UAV 10 comprende siete sensores electro - ópticos (EO) 201 que están configurados en un patrón semicircular en o cerca del morro del UAV 10. Los sensores EO 201 pueden ser cualquier dispositivo que pueda capturar imágenes consecutivas de un vehículo u objeto aéreo intrusivo en el espacio aéreo circundante. En una realización de la invención, los sensores EO 201 son cámaras de video de 9 Hz 201 que capturan imágenes que tienen una resolución de 2048 × 2048 píxeles. Es decir, cada cámara 201 captura nueve imágenes de alta resolución del espacio aéreo circundante cada segundo. Cada cámara 201 tiene un campo de visión de 35 grados en acimut y 30 grados en elevación. Los campos de visión de dos cámaras adyacentes 201 se superponen ligeramente en acimut, lo que da como resultado un campo de visión total de 220 grados en acimut para toda la disposición de los sensores EO. La disposición de los sensores EO tiene así un campo de visión de 220 grados en acimut y 30 grados en elevación, que corresponde sustancialmente al campo de visión del ojo humano.

La figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema 200 en un vehículo aéreo no tripulado (UAV) (no mostrado) para estimar el tiempo que falta y el tamaño en una imagen 206, 211, 213 de un vehículo u objeto aéreo intrusivo 210 de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En estas realizaciones, el sistema 200 comprende un sensor electro - óptico (EO) 201 como el que se ha descrito en relación con la figura 1. Como se ha mencionado más arriba, el sensor electro - óptico 201 produce una primera secuencia de imágenes 206. Un objeto o vehículo aéreo intrusivo 210 puede estar presente en algunas o en todas las imágenes en la primera secuencia de imágenes 206 dependiendo entre otras cosas de la posición del vehículo u objeto aéreo intrusivo 210 en relación con el sensor electro - óptico 201. La primera secuencia de imágenes 206 se proporciona a un detector 202 a través de una conexión 212 desde el sensor electro - óptico 201 al detector 202. El detector 202 detecta vehículos u objetos aéreos intrusivos 210 en la primera secuencia de imágenes 206 tomadas por el sensor electro - óptico 201.

El detector 202 crea de esta manera una segunda secuencia de imágenes 211 en la que se detecta el vehículo u objeto aéreo intrusivo 210 en las imágenes 211 en la segunda secuencia de imágenes. Como se puede ver en la figura 2, el vehículo u objeto aéreo intrusivo ha sido detectado en la segunda secuencia de imágenes 211 como un círculo 216 en cada imagen. En este escenario, el vehículo aéreo intrusivo 210 se muestra en diferentes posiciones en la segunda secuencia de imágenes 211, lo que significa que el vehículo u objeto aéreo 210 se ha movido en relación con el vehículo aéreo no tripulado (UAV). La segunda secuencia de imágenes 211 se entrega a un rastreador 201 por medio de una conexión 207. El rastreador rastrea el vehículo u objeto aéreo intrusivo 210 en la segunda secuencia de imágenes. El rastreador crea de ese modo una tercera secuencia de imágenes 213 en la que el vehículo u objeto aéreo intrusivo 210 es rastreado en cada imagen. En realizaciones de la invención, el rastreador centraliza el vehículo u objeto aéreo intrusivo 210 en cada imagen en la tercera secuencia de imágenes 213.

La tercera secuencia de imágenes 213 es entregada a un calculador de Tiempo Que Falta 204 que calcula el tiempo que falta de acuerdo con las realizaciones de la invención. El procedimiento de acuerdo con la presente invención para calcular el tiempo que falta se describirá más abajo en relación con la figura 4. En la figura 2, el detector y el rastreador se han ilustrado como dos unidades separadas. De acuerdo con las realizaciones de la invención, el detector y / o el rastreador pueden ser también una parte del calculador del tiempo que falta 204. En realizaciones en las que el rastreador es una parte del calculador del tiempo que falta 204, la segunda secuencia de imágenes 211 es entregada al calculador del tiempo que falta a través de la conexión 214. En otras realizaciones de la invención en las que tanto el detector como el rastreador son parte del calculador del tiempo que falta, la primera secuencia de imágenes es entregada al calculador del tiempo que falta 204 a través de la conexión 215.

El calculador de tiempo que falta 204 también puede calcular, de acuerdo con realizaciones de la invención, el tamaño en una imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo.

Se hace notar que en realizaciones de la invención, la segunda secuencia de imágenes comprende coordenadas (no mostradas) del vehículo u objeto aéreo intrusivo en cada imagen en la primera secuencia de imágenes. En todavía otras realizaciones de la invención, la tercera secuencia de imágenes comprende coordenadas (no mostradas) del vehículo u objeto aéreo intrusivo en cada imagen en la primera secuencia de imágenes.

Se vuelve a continuación a la figura 3, que ilustra un principio usado en la presente invención para calcular el tiempo que falta. La estimación del tiempo que falta se hace en base a una imagen objetivo 310 del vehículo u objeto aéreo intrusivo en un instante temporal  $T_0$  y otra imagen objetivo 320 del vehículo u objeto aéreo intrusivo en otro instante temporal  $T_1$ .

Como se puede ver en la figura 3, un tamaño A de la imagen objetivo 320 en el instante temporal  $T_1$  es más grande que un tamaño B de la imagen objetivo 310 en el instante temporal  $T_0$ . Esto significa que el vehículo u objeto aéreo intrusivo se ha movido aproximándose al vehículo aéreo no tripulado (UAV) 10 desde el instante temporal  $T_0$  hasta el instante temporal  $T_1$ . Midiendo un cambio de escala S entre la imagen objetivo 320 y la imagen objetivo 310 es posible estimar el tiempo que falta, puesto que el tiempo  $\Delta t$  entre  $T_0$  y  $T_1$  es conocido. Con el fin de estimar el tiempo que falta, se puede usar la fórmula (1).

$$(1) \quad TTG_1 = \frac{\Delta t}{1 - \frac{A}{B}} - \Delta t$$

En la fórmula (1), se estimarán los tamaños A y B del objetivo en los instantes temporales  $T_0$  y  $T_1$ . Sin embargo, es difícil determinar los tamaños absolutos del objetivo en estos dos instantes temporales. Se considera en su lugar la división A / B. Esta división es el cambio de escala, S, entre las dos observaciones y se estima más fácilmente que los tamaños puros del objetivo. El tiempo entre  $T_0$  y  $T_1$ ,  $\Delta t$ , es conocido.

Un problema con el principio de acuerdo con la figura 3 es que se requiere un valor muy exacto del cambio de escala para lograr una buena estimación del tiempo que falta.

Una ventaja con el procedimiento y el sistema de acuerdo con las realizaciones de la presente invención es que se logra un valor muy preciso del cambio de escala que se usa para calcular el tiempo que falta de acuerdo con el principio anterior.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo del procedimiento en un vehículo (no mostrado) para calcular el tiempo que falta, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

En un primer paso S41, el detector 202 detecta el vehículo u objeto aéreo intrusivo en la primera secuencia de imágenes 212 producidas por el sensor EO 201. La detección del vehículo u objeto aéreo intrusivo en el paso S41 da como resultado que el detector produce una segunda secuencia de imágenes 211 en las que se detecta el vehículo u objeto aéreo intrusivo en cada imagen. Un vehículo u objeto aéreo intrusivo que se detecta en una imagen (no mostrada) en la segunda secuencia de imágenes podría significar, por ejemplo, que las imágenes están asociadas

con coordenadas en las imágenes en las que se encuentra el vehículo u objeto aéreo intrusivo. Puesto que hay varios procedimientos conocidos en la técnica para detectar objetos de ciertas formas en imágenes, estos procedimientos no se describen adicionalmente en la presente memoria descriptiva.

5 A continuación, en un paso S42, el rastreador rastrea el vehículo u objeto aéreo intrusivo en la segunda secuencia de imágenes 211 desde el detector 202. Una tercera secuencia de imágenes 213 es creada en el paso S42 por el rastreador, en la que se encuentra el vehículo u objeto aéreo intrusivo rastreado en las imágenes. En una realización de la invención, el rastreo podría significar, por ejemplo, que el vehículo u objeto aéreo intrusivo está centralizado en las imágenes en la tercera secuencia de imágenes. Puesto que el rastreo de un objeto en imágenes consecutivas es bien conocido en la técnica, el rastreo no se describe adicionalmente en la presente memoria descriptiva.

10 En el siguiente paso S43, una primera imagen y una segunda imagen del vehículo aéreo intrusivo son recuperadas por el calculador del tiempo que falta 204. La primera imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo es una imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo en un primer instante temporal,  $T_0$ . La segunda imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo es una imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo en un segundo instante temporal,  $T_1$ . La primera y la segunda imágenes son recuperadas, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, de la primera secuencia de imágenes 206. En otras realizaciones de la presente invención, la primera y la segunda imágenes son recuperadas de la segunda secuencia de imágenes 211. En todavía otra realización de la presente invención, la primera y la segunda imágenes son recuperadas de la tercera secuencia de imágenes 213. En realizaciones de la invención en las que la primera y la segunda imágenes son recuperadas de la primera secuencia de imágenes 206, la detección y el rastreo de vehículos aéreos u objetos intrusivos es realizado en el calculador del tiempo que falta 204. Una ventaja de colocar el detector y el rastreador en el calculador del tiempo que falta es que el sistema 200 requiere entonces menos unidades separadas. En otras realizaciones de la invención en las que la primera y la segunda imágenes son recuperadas de la segunda secuencia de imágenes 211, el rastreo de vehículos aéreos u objetos intrusivos es realizado en el calculador del tiempo que falta 204. Una ventaja de disponer el rastreador en el calculador del tiempo que falta es que el sistema 200 requiere entonces menos unidades separadas.

25 El siguiente paso realizado en el procedimiento es el paso S44 en el que la primera y la segunda imagen son filtradas por el calculador de tiempo que falta 204. El filtrado en el paso S44 da como resultado que las imágenes primera y segunda se vuelven independientes de la energía de señal absoluta. El filtrado en el paso S44 también da como resultado que los bordes de las imágenes primera y segunda se resaltan. El filtrado de la primera y la segunda imagen son operaciones necesarias para lograr valores precisos en las operaciones de correlación, que se describirán más abajo.

30 Después del paso S44 una posición de píxel fraccionario  $X$ ,  $X_{FRAC}$ , se establece en cero y una posición de píxel fraccionario  $Y$ ,  $Y_{FRAC}$ , se establece en cero en el paso S45. La  $X_{FRAC}$  denota un desplazamiento horizontal a nivel subpíxel e  $Y_{FRAC}$  denota un desplazamiento vertical a nivel subpíxel. Un factor de escala,  $S_i$ , también se selecciona en el paso S45. A continuación la segunda imagen es escalada con el factor de escala,  $S_i$  y remuestreada a la posición  $X_{FRAC}$  e  $Y_{FRAC}$  en el paso S46. Esto da como resultado una imagen escalada remuestreada,  $RS_{i,l}$ . Los valores de correlación,  $C_{XPIX, YPIX, i}$ , entre la primera imagen y la imagen escalada remuestreada,  $RS_{i,l}$ , se calculan a continuación en el paso S47. Los valores de correlación en el paso S46 se calculan para diferentes desplazamientos horizontales a nivel de píxel,  $X_{PIX}$ , y diferentes desplazamientos verticales a nivel de píxel,  $Y_{PIX}$ , para la imagen escalada remuestreada  $RS_{i,l}$ . Los valores de correlación entre la primera imagen y la imagen escalada remuestreada,  $RS_{i,l}$ , calculados en el paso S47, describen lo similares que son la primera imagen y la imagen escalada remuestreada  $RS_{i,l}$  para diferentes desplazamientos de la imagen escalada remuestreada  $RS_{i,l}$ . Existen muchos procedimientos diferentes para calcular una correlación entre dos imágenes conocidas en la técnica. Por lo tanto, estos procedimientos no se describen adicionalmente en la presente memoria descriptiva.

45 No es seguro que el valor de correlación máximo entre la primera imagen y la segunda imagen escalada remuestreada  $RS_{i,l}$  se pueda encontrar entre los valores de correlación calculados en el paso S47. El valor de correlación máximo entre la primera imagen y la imagen escalada remuestreada podría estar en una posición en la que la imagen escalada remuestreada  $RS_{i,l}$  sido desplazada una fracción de un píxel en dirección vertical u horizontal. En el paso S48, el valor de correlación máximo se encuentra, por lo tanto, en el nivel de subpíxel que es necesario para encontrar el factor de escala que proporcione la mejor correlación entre la primera imagen y la imagen escalada remuestreada.

50 El valor de correlación máximo a nivel de subpíxel en el paso S48 podría encontrarse con varios procedimientos, por ejemplo con interpolación. Como la interpolación es bien conocida en la técnica, no se describirá adicionalmente en la presente memoria descriptiva. La posición de píxel fraccionario  $X$ ,  $X_{FRAC}$ , y la posición de píxel fraccionario  $Y$ ,  $Y_{FRAC}$ , también se actualizan en el paso S48. Los valores se actualizan a la posición de píxel fraccionario  $X_{FRAC}$   $Y_{FRAC}$  en la que la correlación tiene su máximo. En un siguiente paso S49, el contador  $j$  se establece en  $j + 1$ . Los pasos S46 a S49 se repiten una cantidad predeterminada de veces. Cada vez que los pasos S46 a S49 son preformados, se encuentra un valor de correlación mayor  $C_i$  y las posiciones de píxel fraccionario asociadas con ese valor de correlación. El número predeterminado de veces que se repiten los pasos S46 a S49 se puede establecer en muchos valores diferentes. Si los pasos S46 a S49 se repiten muchas veces, se puede lograr un valor más preciso

de la correlación  $C_i$ . Por otro lado, se requiere un tiempo de cálculo más largo si los pasos S46 a S49 se repiten muchas veces.

En un siguiente paso S50 hay un contador  $i$  establecido en  $i + 1$ . Los pasos S45 a S50 se repiten a continuación un número predeterminado de veces. Se usa un nuevo factor de escala cada vez que el procedimiento ejecuta los pasos S45 a S50. El nuevo factor de escala se puede seleccionar de muchas maneras diferentes. Una forma es seleccionar la nueva escala usando el procedimiento de medio intervalo. El procedimiento de medio intervalo es bien conocido en la técnica y, por lo tanto, no se describirá adicionalmente en la presente memoria descriptiva. Cada vez que el procedimiento realiza los pasos S45 a S50 se calcula por lo tanto un valor de correlación máximo  $C_i$  para un factor de escala  $S_i$ . A continuación en un paso S51 se encuentra un valor de correlación máximo  $C_{MAX}$  entre los valores de correlación máximos  $C_i$  que se calcularon cada vez que el procedimiento realizaba los pasos S45 a S50. En el paso S51 también está el factor de escala  $S_{i, MAX}$  asociado con la mayor correlación máxima  $C_{MAX}$  encontrada.

Finalmente, el tiempo que falta se calcula en el paso S52 usando el factor de escala  $S_{i, MAX}$  que se encontró en el paso S51. El tiempo que falta, TTG puede calcularse como inversamente proporcional al factor de escala  $S_{i, MAX}$ . En otras realizaciones de la invención, el tiempo transcurrido se calcula usando la fórmula (1) que sigue:

$$(1) \quad TTG = S_{i, MAX} * (T_1 - T_0) / (1 - S_{i, MAX});$$

En el procedimiento, los valores de correlación se calculan para varios factores de escala diferentes. Cada vez que se realizan los pasos S45 a S50 hay una correlación máxima  $C_i$  calculada para el factor de escala  $S_i$ . En el paso S51 se encuentra el mayor valor de correlación máximo  $C_{MAX}$  encontrado entre los valores de correlación  $C_i$  y el factor de escala  $S_{i, MAX}$  asociado con  $C_{MAX}$ . El factor de escala resultante  $S_{i, MAX}$  que mejor coincide se usa a continuación en el paso S51 para calcular el tiempo que falta.

En realizaciones del procedimiento de acuerdo con la presente invención también se puede calcular el tamaño en una imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo. El tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo puede ser expresado de acuerdo con las realizaciones de la invención como el número de píxeles en la imagen. El tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo se estima entonces en primer lugar usando un procedimiento de configuración de Gauss como se describirá más abajo. Cuando se usa el procedimiento de configuración de Gauss se supone que el vehículo u objeto aéreo intrusivo es semejante a gauss. La suposición funciona para vehículos u objetos aéreos intrusivos que están lejos del vehículo. Por lo tanto, el procedimiento de configuración de Gauss se utiliza como una estimación inicial del tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo. El tamaño del objeto inicial se actualiza entonces de acuerdo con el factor de escala  $S_{i, MAX}$  que se encontró en el paso S51.

En el procedimiento hay una función de Gauss adaptada al tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo en una imagen. El procedimiento de configuración de Gauss es un problema no lineal que se resuelve mediante el procedimiento de Levenberg - Marquardt. Puesto que el procedimiento de Levenberg - Marquardt es bien conocido en la técnica, no se describirá adicionalmente en la presente memoria descriptiva. En realizaciones de la invención hay una función gaussiana que minimiza una función con los siguientes parámetros: A, X, Y, SX y SY. El primer parámetro A es la amplitud del gauss. Los parámetros SX y SY son las varianzas del gauss a lo largo de la dimensión X e Y. Los parámetros X e Y son el valor medio de cada dimensión del gauss.

Cuando se calcula el tamaño en una imagen del vehículo u objeto aéreo intrusivo usando la función gaussiana, se necesita un valor inicial del tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo. En realizaciones del procedimiento de acuerdo con la presente invención, de esta manera es de al menos un tamaño inicial,  $\sigma_{Xin}$ ,  $\sigma_{Yin}$ , del objeto o vehículo aéreo estimado, antes del paso S52, en un paso S51a (no mostrado). En el paso S51a, el tamaño inicial,  $\sigma_{Xin}$ ,  $\sigma_{Yin}$ , se estima en una imagen  $n$  entre  $T_0$  y  $T_1$  en la segunda secuencia de imágenes 211 del detector. El tamaño inicial,  $\sigma_{Xin}$ ,  $\sigma_{Yin}$  en las realizaciones de la invención se estima mediante el detector 202. La estimación de tamaño del detector puede originarse a partir de una pirámide a escala que da como resultado uno de los siguientes valores 2, 4, 8, 16 o 32 píxeles (ancho y altura estimados por separado). La estimación de tamaño del detector es lo suficientemente buena como parámetro de inicio.

Como se ha mencionado más arriba, otro parámetro en la función gaussiana es la amplitud A. Al minimizar la función gaussiana, se necesita un valor inicial para la amplitud A. De acuerdo con las realizaciones del procedimiento, por lo tanto se estima al menos una amplitud inicial,  $A_{in}$ , calculando la diferencia entre una media de un fondo y una media del vehículo u objeto aéreo intrusivo en la imagen  $n$  en la tercera secuencia de imágenes entre  $T_0$  y  $T_1$ . La estimación de la amplitud inicial,  $A_{in}$ , se calcula en un paso S51b después del paso de estimar un tamaño inicial. En realizaciones de la invención, la media del fondo se estima usando partes periféricas de la imagen  $n$ , es decir, esquinas de la imagen  $n$ . El objeto o vehículo aéreo intrusivo en esta realización se supone que está situado en el centro de la imagen  $n$ , es decir, en esta realización, el rastreador siempre intenta centralizar el objeto o vehículo aéreo intrusivo en la imagen  $n$  durante el rastreo.

Al menos un tamaño,  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$ , en una imagen  $n$  del vehículo aéreo u objeto intrusivo se calcula en un paso S51c adaptando una función gaussiana  $G_n$  para el vehículo u objeto aéreo intrusivo en la imagen  $n$ . La adaptación de la

función gaussiana  $G_n$  se hace de manera que un error entre la función gaussiana,  $G_n$  y el objeto en la imagen  $n$  en la tercera secuencia de imágenes entre  $T_0$  y  $T_1$  esté minimizado. La amplitud inicial  $A_{in}$  y el tamaño inicial,  $\sigma_{Xin}$ ,  $\sigma_{Yin}$  se usan como parámetros de inicio para la función gaussiana. Los valores de inicio  $X_{in}$  e  $Y_{in}$  para la posición de la función gaussiana también son necesarios. En realizaciones de la invención es la localización de la función gaussiana, es decir, los valores medios  $X$  e  $Y$  que se asume que están situados en el centro de la imagen  $n$  puesto que el rastreador en esta realización centraliza el vehículo aéreo intrusivo del objeto en la imagen  $n$ . En esta realización, los valores iniciales  $X_{in}$  e  $Y_{in}$  son configurados en el centro de la imagen  $n$ .

En otras realizaciones de la invención hay varios tamaños,  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$ , de varias imágenes....  $n - 2$ ,  $n - 1$ ,  $n$  que son filtrados para lograr un tamaño filtrado,  $\sigma_{XF}$ ,  $\sigma_{YF}$ . Una ventaja lograda al filtrar varios tamaños  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$ , de varias imágenes....  $n - 2$ ,  $n - 1$ ,  $n$  es que con una mejor estimación del tamaño del vehículo u objeto aéreo, se puede conseguir el tamaño filtrado  $\sigma_{XF}$ ,  $\sigma_{YF}$ .

Como se ha mencionado más arriba, el procedimiento de configuración de Gauss proporciona una buena estimación del tamaño en una imagen de los vehículos aéreos u objetos si el vehículo u objeto aéreo está lejos del vehículo. Cuando el vehículo u objeto aéreo está lejos del vehículo, el vehículo u objeto aéreo es más similar a gauss que cuando el vehículo u objeto aéreo está más cerca del vehículo. Durante un escenario de cierre, el vehículo u objeto aéreo se hace más detallado y también menos gauss. Por lo tanto, el tamaño del vehículo u objeto aéreo debe ser estimado de otra manera en un rango más cercano.

La idea de acuerdo con la presente invención, por lo tanto, es utilizar el valor del tiempo que falta calculado en el paso S52 para actualizar el tamaño  $C_{Xn+1}$ ,  $\sigma_{Yn+1}$  para imágenes consecutivas  $n + 1$ . Puesto que el valor del tiempo que falta calculado en un instante temporal  $T_1$  se calcula utilizando el factor de escala  $S_{i, MAX}$ , el valor de tiempo que falta contiene información sobre el cambio de escala del vehículo u objeto aéreo intrusivo en el instante temporal del tiempo  $T_1$ . Si una imagen  $n + 1$  corresponde al instante temporal  $T_1$  entonces el valor del tiempo que falta para  $T_1$  contiene información sobre el cambio de escala que se puede usar para actualizar el tamaño calculado  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$  en la imagen  $n$  del vehículo u objeto aéreo intrusivo.

Si el tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo en una imagen  $n$  se calcula en el paso S51c, el valor del tiempo que falta  $TTG_{n+1}$  calculado para la imagen  $n + 1$  se puede usar para actualizar el tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo.

Con el fin de actualizar el tamaño  $\sigma_{Xn+1}$ ,  $\sigma_{Yn+1}$  en base en el tiempo que falta estimado  $TTG_{n+1}$  las siguientes fórmulas se pueden usar en un paso S53 (no mostrado), después del paso de calcular el tiempo que falta.

$$(1) \quad \sigma_{Xn+1} = \sigma_{Xn} (TTG_{n+1} + 1/f) / TTG_{n+1}$$

$$(2) \quad \sigma_{Yn+1} = \sigma_{Yn} (TTG_{n+1} + 1/f) / TTG_{n+1}$$

En las que  $\sigma_{Yn}$ ,  $\sigma_{Xn}$  es el tamaño del vehículo u objeto aéreo intrusivo en la imagen  $n$  y  $f$  es la frecuencia de la imagen. En otras realizaciones de la invención se utiliza el tamaño filtrado  $\sigma_{XF}$ ,  $\sigma_{YF}$  en lugar del tamaño  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$  cuando se actualiza el tamaño en el paso S53.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para calcular un valor de Tiempo Que Falta, TTG, entre un vehículo y un objeto intrusivo, comprendiendo el citado procedimiento:
  - 5           – un paso de recuperar (S43) consistente en recuperar una primera imagen del citado objeto intrusivo en un primer instante temporal,  $T_0$ , y una segunda imagen del citado objeto intrusivo en un segundo instante temporal,  $T_1$ ;
  - un paso de filtrar (S44) consistente en filtrar la citada primera imagen y la citada segunda imagen de manera que la citada primera imagen y la citada segunda imagen se hagan independientes de la energía de señal absoluta y de manera que los bordes se realcen;
  - 10          – un paso de establecer (S45) consistente en establecer una posición de píxel fraccionario X,  $X_{FRAC}$ , en cero y una posición de píxel fraccionario Y,  $Y_{FRAC}$ , en cero, en el que  $X_{FRAC}$  denota un desplazamiento horizontal a nivel subpíxel e  $Y_{FRAC}$  denota un desplazamiento vertical a nivel subpíxel; seleccionando un factor de escala,  $S_i$ ;
  - un paso de escalar (S46) consistente en establecer la citada segunda imagen con el citado factor de escala,  $S_i$  y remuestrear la citada imagen escalada a la posición  $X_{FRAC}$  y  $Y_{FRAC}$ ; resultando en una imagen escalada remuestreada,  $RS_{i,l}$ ;
  - 15          – un paso de calcular (S47) consistente en calcular valores de correlación,  $C_{X_{PIX}, Y_{PIX}, i}$ , entre la citada primera imagen y la citada imagen escalada remuestreada,  $RS_{i,l}$ , para diferentes desplazamientos horizontales a nivel de píxel,  $X_{PIX}$ , y para diferentes desplazamientos verticales a nivel de píxel,  $Y_{PIX}$ , para la citada imagen escalada remuestreada  $RS_{i,l}$ ;
  - 20          – un paso de encontrar (S48) consistente en encontrar un valor máximo de correlación a nivel de subpíxel,  $C_i$ , en base a los citados valores de correlación,  $C_{X_{PIX}, Y_{PIX}, i}$  y actualizando  $X_{FRAC}$  y  $Y_{FRAC}$ ;
  - un primer paso de establecer (S49) consistente en establecer  $j = j + 1$  y repetir los pasos de escalar (S46), calcular (S47), buscar (S48) y establecer (S49) un primer número predeterminado de veces;
  - 25          – un segundo paso de establecer (S50) consistente en establecer  $i = i + 1$  y repetir los pasos de ajustar (S45), escalar (S46), calcular (S47), buscar (S48), primera configuración (S49) y segunda configuración (50) un segundo número predeterminado de veces;
  - un paso de buscar (S51) consistente en buscar el mayor valor de correlación máximo,  $C_{MAX}$ , entre los citados valores de correlación máximos,  $C_i$  y el factor de escala  $S_{i, MAX}$  asociado con el mayor valor de correlación máximo  $C_{MAX}$ ; y
  - 30          – un paso de calcular (S52) consistente en calcular el tiempo que falta, TTG, en base al citado factor de escala  $S_{i, MAX}$

2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el Tiempo Que Falta, TTG se calcula como inversamente proporcional al factor de escala  $S_{i, MAX}$ .
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el Tiempo Que Falta, TTG se calcula usando la fórmula:

$$TTG = S_{i, MAX} * (T_1 - T_0) / (1 - S_{i, MAX});$$

4. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además, antes del citado paso de recuperar (S43), un paso de detectar (S41) el citado objeto en una primera secuencia de imágenes desde una cámara que crea una segunda secuencia de imágenes en la que las imágenes están asociadas a información sobre objetos detectados, y en el que el citado paso de recuperar (S43) comprende recuperar las citadas primera y segunda imágenes de la segunda secuencia de imágenes.
5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además, antes del citado paso de recuperar (S43), un paso de detectar (S41) el citado objeto en una primera secuencia de imágenes desde una cámara que crea una segunda secuencia de imágenes en la que cada imagen está asociada a información sobre objetos detectados, y después del citado paso de detectar (S41), un paso de rastrear (S42) el citado objeto en la citada segunda secuencia de imágenes, creando una tercera secuencia de imágenes en la que el citado objeto está centralizado en las imágenes, y en el que el citado paso de recuperar (S43) comprende recuperar las citadas primera y segunda imágenes de la tercera secuencia de imágenes.

6. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, en el que el citado procedimiento comprende además, antes del citado paso de calcular (S52) el Tiempo Que Falta, TTG, un paso de estimar al menos un tamaño inicial,  $\sigma_{Xin}$ ,  $\sigma_{Yin}$ , del citado objeto en una imagen n en la citada segunda secuencia de imágenes entre  $T_0$  y  $T_1$ .
- 5 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el citado procedimiento comprende además un paso de estimar al menos una amplitud inicial,  $A_{in}$ , después del citado paso de estimar un tamaño inicial, de una función de Gauss calculando una diferencia entre una media de un fondo y una media del citado objeto en la citada imagen n en la tercera secuencia de imágenes entre  $T_0$  y  $T_1$ .
- 10 8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el citado procedimiento comprende además un paso de calcular al menos un tamaño,  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$ , después del citado paso de estimar una amplitud inicial, al determinar una función gaussiana,  $G_n$ , de manera que un error entre la citada función gaussiana,  $G_n$ , y el citado objeto en la citada imagen n en la tercera secuencia de imágenes entre  $T_0$  y  $T_1$  se minimiza, en el que la citada amplitud inicial  $A_{in}$  y el citado tamaño inicial,  $\sigma_{Xin}$ ,  $\sigma_{Yin}$  se utilizan como parámetros de inicio para la citada función gaussiana.
- 15 9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el citado procedimiento para calcular un tamaño comprende además filtrar varios tamaños,  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$ , de varias imágenes y lograr así un tamaño filtrado,  $\sigma_{XF}$ ,  $\sigma_{YF}$ .
- 20 10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el citado procedimiento comprende además un paso de actualizar el citado tamaño  $\sigma_{Xn+1}$ ,  $\sigma_{Yn+1}$  para imágenes consecutivas  $n+1$  en la citada tercera secuencia en base al citado tamaño  $\sigma_{Xn}$ ,  $\sigma_{Yn}$  en la citada imagen n mediante el uso de las fórmulas:

$$\sigma_{Xn+1} = \sigma_{Xn} (TTG_{n+1} + 1/f) / TTG_{n+1}$$

$$\sigma_{Yn+1} = \sigma_{Yn} (TTG_{n+1} + 1/f) / TTG_{n+1}$$

en las que f es una frecuencia de imagen entre imágenes consecutivas.

- 25 11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que en el citada paso de actualizar el tamaño del citado tamaño filtrado,  $\sigma_{XF}$ ,  $\sigma_{YF}$ , se utilizan como valor de inicio.
- 30 12. Un producto de programa informático para su uso en un vehículo para calcular un Tiempo Que Falta, TTG, entre el citado vehículo y un objeto intrusivo, que comprende un medio legible por ordenador, que tiene un código legible por ordenador que, cuando se ejecuta en un medio de procesamiento del vehículo hace que los medios de procesamiento realicen el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11.
13. Un sistema para calcular un valor de Tiempo Que Falta, TTG, entre un vehículo y un objeto intrusivo, el citado sistema comprende: medios de memoria que comprenden el citado producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 12.

Fig. 1

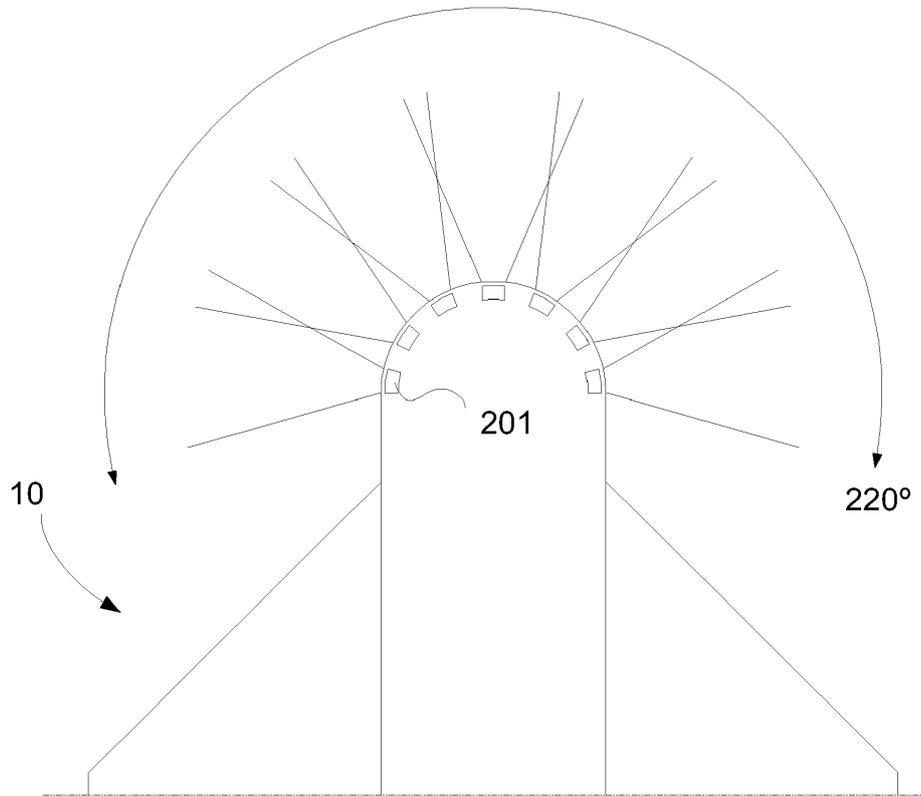


Fig. 2

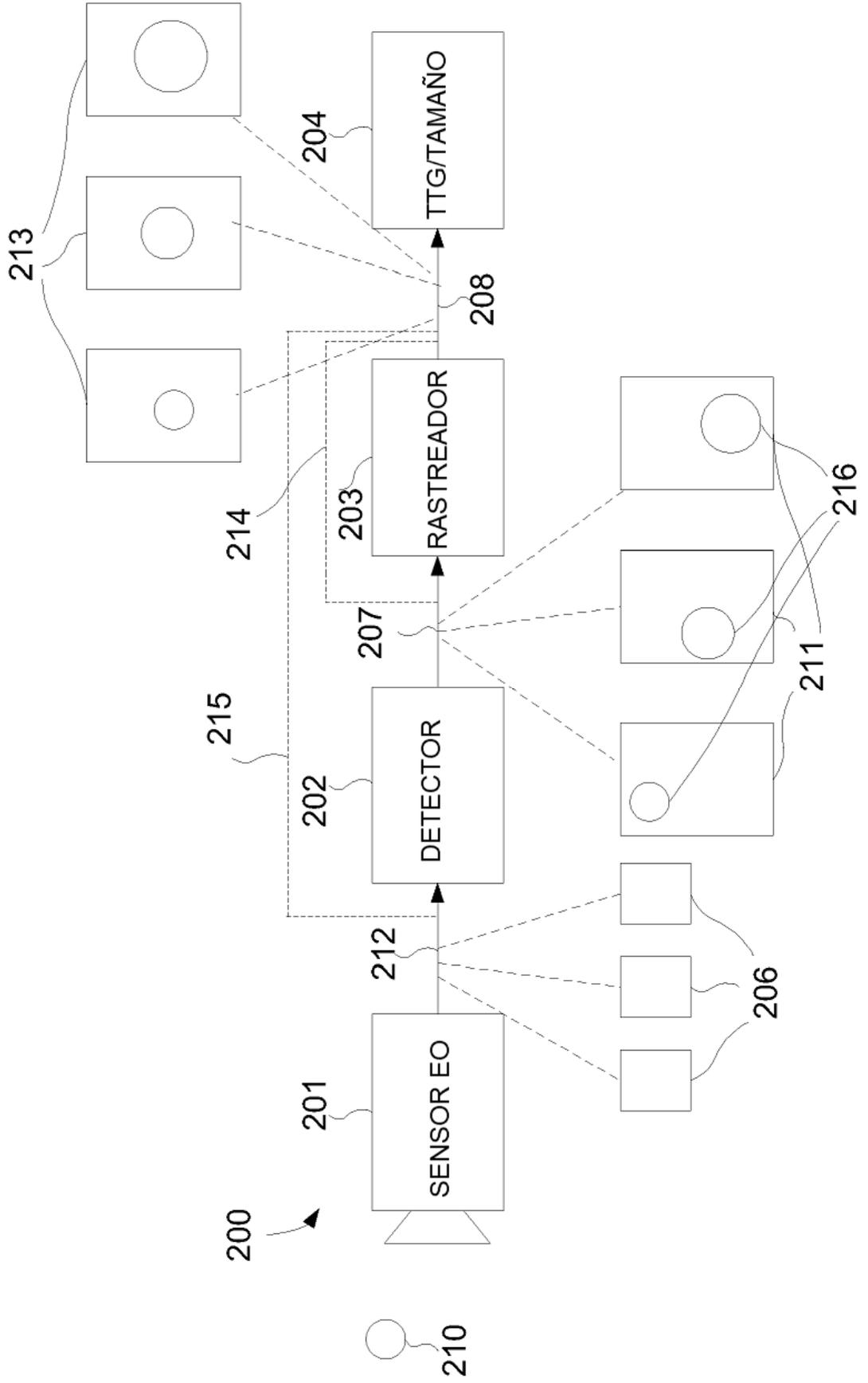


Fig. 3

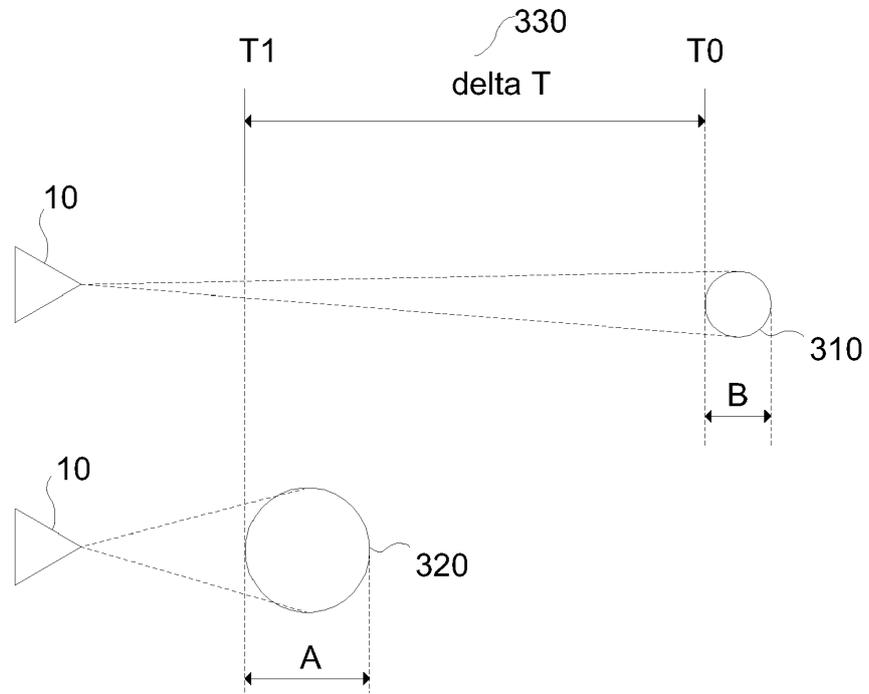


Fig. 4

