



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 209 655**

⑫ Número de solicitud: 200202855

⑬ Int. Cl. 7: **G01P 3/68**
G06T 7/00
G08G 1/04
G08G 1/052

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **12.12.2002**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **16.06.2004**

Fecha de la concesión: **23.11.2005**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
13.01.2005

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **16.12.2005**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.12.2005

⑰ Titular/es: **Universidad de Málaga**
Plaza de El Ejido, s/n
29071 Málaga, ES

⑱ Inventor/es: **Camacho Lozano, Pelegrín**

⑲ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes.**

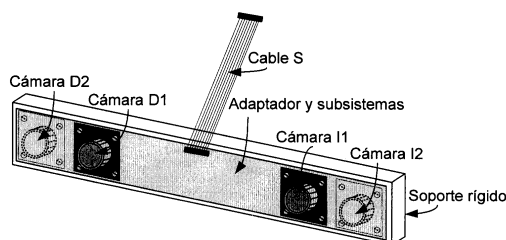
㉑ Resumen:

Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes.

El objeto de estos sistemas es medir distancias a objetos móviles y sus velocidades de desplazamiento. Están compuestos de dos cámaras montadas sobre una base rígida y subconjuntos electrónicos que analizan imágenes estéreo en tiempo real, aplicando técnicas multirresolución para acelerar las búsquedas de correspondencias estéreo. Pueden utilizar sensores de imagen de alta resolución para medir con elevada precisión. Sus principios funcionales son aplicables en amplias gamas de distancias y velocidades.

Su estructura electrónica reconfigurable, implementada en FPGAs, proporciona sistemas de muy bajo consumo eléctrico y permite utilizar los datos resultantes en procesadores externos o integrarlos fácilmente en sistemas de bajo coste, en función de la precisión, uso y presentación que se requiere de los datos.

Por ser sistemas pasivos no radiantes, son indetectables a niveles radioeléctricos y utilizables en entornos muy diversos.



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes.

5 Sector de la técnica

Sistemas de Visión Artificial. Sensores CCD y CMOS. Dispositivos programables tipo FPGA, CPLD y DSP. Automatización de procesos por tratamiento de imágenes estéreo con resolución múltiple. Medidores automáticos de distancias y velocidades.

10 Estado de la técnica

La velocidad es un parámetro de interés en numerosas actividades y aplicaciones. Los distintos rangos de velocidades, la precisión con que se desea la medida, el tamaño de los móviles, la distancia a la que están del punto de observación y el entorno en que se desplazan, entre otras posibles consideraciones, pueden requerir características especiales del equipo capaz de determinar o medir la velocidad de los móviles en observación. Por ello existen numerosos sistemas y soluciones, en muchos casos específicas, para determinar la velocidad a la que se desplazan los objetos en movimiento o móviles.

La definición de la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el intervalo de tiempo empleado para hacerlo implica que la medida de la velocidad se haga de forma indirecta, fijando un tiempo y midiendo el espacio que se recorre en él o fijando un espacio y cronometrando el tiempo en que se recorre. Los sistemas electrónicos generalmente suelen adoptar la primera alternativa, por ser más fácil establecer la referencia del tiempo que la del espacio. La medida del espacio recorrido se hace midiendo distancias al principio de un intervalo de tiempo y al final del mismo, por procedimientos diversos entre los que se cuentan la emisión de una señal radioeléctrica y la recepción de la misma, evaluando el retardo de la señal reflejada. La relación del retardo con la velocidad de propagación y la longitud de onda de la señal, proporcionan información de la diferencia de distancias medidas, es decir, del espacio recorrido.

Algunos sistemas de medida de velocidad, por ejemplo, los radares Doppler utilizados por la policía de tráfico en muchos países, se basan en procedimientos que hacen uso de determinadas bandas del espacio radioeléctrico, para determinar las distancias desde los móviles al sistema de medida en dos instantes de tiempo muy próximos que fijan el intervalo de tiempo de referencia, obteniendo así lo que se puede considerar una velocidad instantánea. Aunque el procedimiento puede dar medidas precisas, la radiación emitida de modo que se puede considerar permanente es detectable por ciertos sistemas receptores y la recepción de la onda reflejada puede ser interferida, por lo que dichos sistemas pueden ser causa y objeto de interferencias radioeléctricas, a veces causadas desde el mismo vehículo cuya velocidad se pretende medir y ocasionalmente por otros sistemas radiantes.

Otros sistemas con propósito similar usan frecuencias próximas al espectro visible, como el láser de infrarrojos, menos susceptibles a interferencias, pero a cambio de exigir una mayor directividad de la señal por su propagación óptica. La directividad requiere que dichos sistemas apunten al objeto móvil, por lo que no disponen por sí mismos de capacidad de detección automática de móvil con exceso de velocidad, es decir, deben ser activados por un agente que apunta la radiación hacia el supuesto móvil infractor, lo que es causa de rechazo por colectivos que aducen riesgos potenciales para los seres vivos, por los efectos térmicos de los infrarrojos y el láser.

Cualquiera de esos sistemas requiere una señal reflejada, que empeora si el móvil no es de carácter metálico o si absorbe parcialmente la señal emitida, y además, requieren un tamaño mínimo en el móvil. Tales condicionantes pueden limitar el uso y aplicaciones de dichos sistemas. Son, de hecho, sistemas específicos para medir la velocidad de vehículos y sus principios no son aplicables en otros entornos de medida.

Dichos inconvenientes y efectos potenciales se pueden evitar utilizando sistemas basados en el análisis de imágenes estéreo captadas por sensores CCD -*Charge Coupled Devices*- o CMOS -*Complementary Metal Oxide Semiconductors*- que, por procedimientos electroópticos, permiten procesar digitalmente las imágenes captadas y obtener información presente en escenas dinámicas.

Los sistemas electroópticos utilizan el espectro visible, aprovechando la luz reflejada por objetos móviles o en reposo y, en consecuencia, son sistemas pasivos, o no radiantes, que ni provocan interferencias radioeléctricas ni emiten señales que puedan estimarse potencialmente nocivas. Al ser sistemas pasivos no son detectables a nivel radioeléctrico ni susceptibles de ser neutralizados o desactivados por radiofrecuencias, salvo diseño con ese propósito específico. Actualmente se comercializan sensores CMOS cuya resolución o paso entre píxeles es de 4,5x4,5 micras, estando previsto que estas resoluciones lleguen a ser menores de 3x3 micras en el año 2004. Sus características funcionales son similares a aquellas de las cámaras digitales empleadas a nivel doméstico, por lo que detectan el movimiento o presencia de cualquier objeto visible, sea metálico o no. Su reducido consumo eléctrico y pequeño tamaño les permite operar de modo continuo y en entornos muy variables.

Los sistemas electroópticos requieren que sus elementos tengan la sensibilidad suficiente para detectar la luz reflejada en el entorno y una resolución óptica relacionada al tamaño de los objetos, condiciones que los sensores de imagen de tipo CMOS o CCD disponibles en el mercado cumplen suficientemente, por lo que pueden utilizarse co-

mo elementos detectores en sistemas cuya estructura y operación permita la medición de distancias en secuencias de imágenes. Al poder ajustar con precisión el intervalo entre ellas, es decir, fijar la tasa de imágenes por segundo, se determina el intervalo de tiempo que se aplica al calcular la relación espacio/tiempo que da la medida de la velocidad.

El problema en estos sistemas radica en la complejidad computacional de los algoritmos de visión artificial que, en secuencias rápidas, pueden limitar la capacidad de llevar a término las operaciones necesarias para el cálculo de distancias en lo que se denomina *tiempo real*. Por otra parte, la precisión de estos sistemas depende de varios parámetros, como se justifica más adelante en esta memoria, siendo uno de ellos la resolución de los sensores de imagen empleados.

Explicación de la invención

El objeto primero de esta invención es medir distancias a puntos específicos de un móvil en intervalos de tiempo seleccionables, determinados por la tasa de imágenes en una secuencia estéreo y, en segundo lugar, analizando los valores de distancias medidas en dichos intervalos, derivar espacios recorridos y calcular velocidades.

Los sensores CMOS y CCD actuales de alta resolución permiten resolver en distancia con errores inferiores al 2% en aplicaciones de metrología óptica basada en visión artificial. Sin embargo, el aumento de resolución conlleva un aumento en el número de datos a procesar electrónicamente y un mayor tiempo en la respuesta de los algoritmos. Por ello, para poder obtener datos de forma automática y en tiempo real es necesario aplicar algoritmos a nivel de circuitería o *hardware*, con velocidades de procesamiento mucho mayores que la de aquellos basados en *software*, cuya respuesta es lenta frente a la tasa de la secuencia de imágenes estéreo, que debe ser relativamente alta para poder medir una amplia gama de velocidades y poder hacerlo con mayor precisión.

La solución que ofrece esta invención consiste en fraccionar la operación de búsqueda automática de correspondencias estéreo de aquellos puntos específicos que se consideran de interés, para obtener las denominadas *disparidades estéreo* de las que se derivan los datos de distancia, aplicando para ello técnicas de visión artificial con resoluciones múltiples del tipo descrito en la patente española con número de publicación 2 152 176. Los procesos de baja resolución acortan el tiempo de búsqueda detectando regiones y puntos específicos de los contornos de los objetos al mismo tiempo que se recibe la imagen que los contiene, mientras que los procesos de búsqueda en alta resolución se localizan en pequeñas regiones alrededor de los puntos preseleccionados por los procesos anteriores, donde suele haber un elevado contraste entre el objeto y el fondo de la escena. Así, el procesamiento paralelo en baja y alta resolución permite obtener resultados en tiempo corto y con precisión alta.

El procesamiento previo de las imágenes estéreo en baja resolución se puede realizar en sistemas electrónicos reconfigurables que, después de extraer rápidamente información específica de los móviles, la envían a un procesador que realiza los cálculos precisos y rápidos de la correspondencia estéreo de dos puntos específicos P_d y P_i en las imágenes de alta resolución y, en base a ellos, obtiene las distancias y velocidades con cuyos valores puede controlar a otros elementos conectables al sistema, ya sea para registrar o almacenar datos de las medidas e imágenes captadas, controlar cámaras auxiliares y para configurar el sistema de medida adaptándolo al entorno de medidas y móviles.

La disponibilidad de procesadores portátiles con capacidad de cálculo suficiente para los procesos requeridos en este tipo de sistemas permite, por otra parte, que cualquiera de estos sistemas pueda instalarse y utilizarse en entornos diversos.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción, con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento y como parte integrante de esta memoria, se incluye un conjunto de dibujos o figuras donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1: Esquema de principio para la medida de distancias por procedimientos estéreo, utilizando dos cámaras con ejes ópticos paralelos y planos focales coplanares.

Figura 2: Relacionada a la Figura 1 para mostrar en un espacio tridimensional la situación relativa de los planos focales de las dos cámaras, paralelos al plano $Z=0$ a distancia $-f$, siendo f la distancia focal de las lentes. Muestra también el paralelismo de los ejes ópticos, en el mismo plano que el eje Z utilizado para medir distancia a objetos representados en la figura por un punto $P(x,y,z)$ en el espacio que, simultáneamente, se proyecta en los puntos $P_d(x_d, y_d)$ y $P_i(x_i, y_i)$ de los planos focales.

Figuras 3a, 3b y 3c: Están relacionadas a la Figura 2 y muestran las proyecciones de un punto $P(x,y,z)$ del espacio tridimensional en los planos $X=0$, $Y=0$ y $Z=-f$, relacionando las proyecciones con la distancia focal de las lentes y las imágenes del punto $P(x,y,z)$ en los planos focales de las dos lentes, identificadas en los puntos $P_d(x_d, y_d)$ y $P_i(x_i, y_i)$, cuyas coordenadas en los respectivos planos focales se utilizan para medir las coordenadas y la distancia del punto $P(x,y,z)$ al origen de coordenadas.

Figuras 4a, 4b y 4c: Presentan posibles disposiciones preferentes de los elementos que componen el sistema de

medida, que pueden posicionarse o deslizarse a lo largo del soporte común para conseguir que la longitud de la línea base sea la necesaria para medir la gama deseada de distancias y velocidades.

Figura 5: Presenta el diagrama de bloques de una arquitectura preferente implementada en FPGAs o CPLDs para el procesamiento electrónico de las imágenes de un canal, así como los elementos comunes a ambos canales, utilizando un procesador externo para el cálculo, registro y presentación de las medidas de distancias y velocidades.

Descripción de la invención

El uso de imágenes estéreo para determinar distancias a objetos hace uso de la disparidad que se observa en la posición de los objetos en el par de imágenes estéreo. Para una mejor comprensión de lo que sigue, se adjunta el dibujo de la Figura 1, donde se muestra la geometría simplificada de un sistema estéreo que utiliza dos lentes idénticas dispuestas de forma que sus ejes ópticos sean paralelos y sus correspondientes planos focales sean coplanares. La separación entre los ejes ópticos está determinada por la posición de las lentes, cuyos centros están situados en los extremos izquierdo y derecho, I y D, de una línea de longitud b, la base de un triángulo que tiene como vértice opuesto el punto P, dentro del campo óptico de ambas lentes. La altura del punto P sobre la línea base, se considera como distancia L a la línea base b. En la Figura 1 se muestran otros dos triángulos semejantes a los que forma la línea L con los puntos I y D. Estos triángulos son los que forman las líneas f, que representan las distancias focales de las lentes situadas en I y D, con los puntos P_i y P_d que corresponden a las proyecciones del punto P sobre los planos focales de las lentes, donde se captan las imágenes. La disparidad estéreo es la diferencia entre las longitudes d_i y d_d , medidas con respecto a sus respectivos orígenes en cada plano focal. La disparidad es un dato que se puede deducir midiendo la posición de P_i y P_d en las imágenes de los planos focales y la distancia L se puede expresar como

$$L = \frac{bf}{d_i - d_d} \quad (1)$$

Las distancias d_i y d_d se miden en *píxeles*, elementos discretos de tamaño fijo y situados a intervalos regulares y constantes denominados *paso o salto entre píxeles*. Los píxeles constituyen el plano focal donde se forma la imagen que las lentes proyectan en los sensores CMOS o CCD, transformando los fotones en señales eléctricas que, a su vez, se traducen en imágenes. Conocido el número de píxeles y el salto entre ellos, es decir, la resolución normalmente expresada en micras, la conversión a las unidades métricas utilizadas para L, b y f es inmediata.

En el supuesto de que tanto las distancias L como la posición del punto P se pueden determinar con la precisión que se describe más adelante, la velocidad se podrá determinar midiendo la variación de la posición del punto P respecto al sistema estéreo entre imágenes sucesivas de una secuencia, es decir, la distancia recorrida por el punto P. Si los intervalos de tiempos entre estas imágenes son conocidos y estables, la determinación de la velocidad es un proceso simple que realizará el procesador externo al que se envían los datos preprocesados.

La operación del sistema consiste en segmentar, discriminar o aislar el objeto de interés, o partes de él, dentro de la escena captada y aplicar una serie de algoritmos para calcular las sucesivas posiciones del punto P del móvil. De esta forma se pueden calcular las distancias $|P_t - P_{t+1}|$ recorridas en intervalos de tiempo $|t - t + 1|$ conocidos, como paso previo al cálculo de la velocidad, expresada como

$$V_i = \frac{|P_t - P_{t+1}|}{|t - t + 1|} = \frac{|P_t - P_{t+1}|}{I} = T|P_t - P_{t+1}| \quad (2)$$

donde I representa el intervalo de tiempo entre las imágenes captadas en los instantes t e t+1, y T representa la tasa de imágenes, en imágenes/segundo, o abreviadamente ips, que puede graduarse en los sensores actuales para obtener tasas superiores a 70 ips.

Dada la naturaleza vectorial de la velocidad, la expresión (2) es el resultado de considerar apropiadamente las tres componentes o coordenadas P_{ix} , P_{iy} , P_{iz} que tendrán los puntos P en un espacio tridimensional. Para una mejor comprensión de lo anterior, se adjunta el dibujo de la Figura 2, donde se representa el punto P(x,y,z), los planos focales donde se proyectan los puntos $P_d(x_d, y_d)$ y $P_i(x_i, y_i)$ y los ejes X,Y,Z. En esta Figura 2 se puede apreciar que los ejes ópticos EO_d y EO_i de las lentes de distancia focal f, son paralelos entre sí, determinando un plano en el espacio que contiene al eje Z, paralelo a los ejes ópticos. Tanto el eje Z como los dos ejes ópticos están contenidos en el plano Y=0. Los planos focales están contenidos en el plano Z = -f y, los puntos donde se proyectan los ejes ópticos normales a ellos, se consideran sus respectivos centros de coordenadas.

De la Figura 2 se obtienen las Figuras 3a, 3b y 3c, que representan respectivamente las proyecciones del punto P(x,y,z) en los planos Z = -f, X=0 e Y=0, y permiten deducir las expresiones que, a partir de las coordenadas (x_d, y_d) y (x_i, y_i) en los planos focales, obtienen las coordenadas (x,y,z) que determinan la posición espacial del punto P(x,y,z).

La Figura 3a muestra el plano Z = -f, que contiene los dos planos focales y los puntos $P_d(x_d, y_d)$ y $P_i(x_i, y_i)$ proyectados en ellos, donde se observa que $y_d = y_i$.

ES 2 209 655 B1

La Figura 3b muestra la proyección en el plano $X=0$ y de ella se puede deducir que

$$\frac{y_d}{f} = \frac{y}{z} \quad \text{o bien} \quad \frac{y_i}{f} = \frac{y}{z}, \quad \text{ya que} \quad y_i = y_d \quad (3)$$

La Figura 3c muestra la proyección en el plano $Y=0$ y de ella se puede deducir que

$$\frac{\frac{b}{2} - x}{z} = \frac{x_d}{f} \quad \text{y, de igual forma} \quad \frac{\frac{b}{2} + x}{z} = \frac{x_i}{f} \quad (4)$$

y al sumar las dos expresiones en (4) se obtiene

$$\frac{b}{z} = \frac{x_d + x_i}{f} \quad \text{o su equivalente} \quad z = \frac{bf}{x_d + x_i} \quad (5)$$

que coincide con la expresión (1), donde se ha considerado el signo de las respectivas d_x .

Deducida la coordenada z , se puede obtener la y de las expresiones en (3), resultando

$$y = \frac{zy_i}{f} = \frac{zy_d}{f} = \frac{by_i}{x_d + x_i} = \frac{by_d}{x_d + x_i} \quad (6)$$

y finalmente, restando la primera expresión en (4) de la segunda, se obtiene x

$$\frac{2x}{z} = \frac{x_i - x_d}{f} \quad \text{de la que se extrae} \quad x = \frac{b(x_i - x_d)}{2(x_i + x_d)} \quad (7)$$

Si en las expresiones (5), (6) y (7) se considera el sentido negativo de X_d , se obtienen las expresiones para las tres coordenadas en el espacio del punto $P(x,y,z)$

$$x = \frac{b(x_i - x_d)}{2(x_i + x_d)} \quad y = \frac{by_i}{x_i - x_d} \quad z = \frac{bf}{x_i - x_d} \quad (8)$$

siendo $x_i - x_d$ equivalente a la disparidad $d_i - d_d$ que figura en (1) y z equivalente a L .

A partir de las expresiones en (8) se puede deducir la expresión de la distancia D_p del punto $P(x,y,z)$ al origen de coordenadas como

$$D_p = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{b}{2(x_i - x_d)} \sqrt{(x_i + x_d)^2 + 4y_i^2 + 4f^2} \quad (9)$$

y el espacio recorrido por el móvil o distancia $D_{\Delta t} = |P_t - P_{t+1}|$, determinada por

$$D_{\Delta t} = \sqrt{(x_{t+1} - x_t)^2 + (y_{t+1} - y_t)^2 + (z_{t+1} - z_t)^2} \quad (10)$$

El cálculo de las expresiones (9) o (10) no supone una carga computacional importante, como tampoco lo es el cálculo de la velocidad en (2), una vez conocido $D_{\Delta t} = |P_t - P_{t+1}|$, por lo que el problema se reduce fundamentalmente a la búsqueda automática de la correspondencia de los puntos $P_d(x_d, y_d)$ y $P_i(x_i, y_i)$, que debe realizarse en cada par de imágenes estereo y en los mismos puntos del contorno del móvil, para medir así el desplazamiento o espacio recorrido por dicho punto que, a efectos de cálculo, equivale al móvil. Por ello conviene elegirlo en una región de alto contraste, lo que siempre ocurre en el contorno y, preferiblemente, en los dos extremos donde existan menos sombras. Sin embargo, la búsqueda automática de correspondencia de un punto P_d en el plano focal derecho con otro P_i en el plano focal izquierdo, supone un proceso que puede ser largo y que conviene optimizar de forma racional en tiempo y coste.

Por la gran resolución de los sensores disponibles, las imágenes de cualquier escena suelen contener información excesiva, un elevado número de píxeles cuya exploración para realizar la búsqueda de correspondencia puede requerir un tiempo proporcionalmente excesivo. Aprovechando la redundancia de datos y la semejanza de los brillos de píxeles contiguos en una imagen, el proceso de búsqueda se puede acelerar reduciendo el número de píxeles a examinar, bien aplicando muestreo o bajando la resolución de las imágenes por fusión de grupos de píxeles contiguos que se promedian en uno, con lo que se puede reducir exponencialmente la resolución y el número de datos a procesar. La

técnica, descrita en la patente española con número de publicación 2 152 176, consiste en hacer agrupamientos de 2x2 píxeles, que pueden imaginarse situados en los vértices de un cuadrado, promediando su valor de gris o brillo en un solo elemento al que denominamos *máxel*. Si se realizan nuevos promedios con grupos de 2x2 máxeles, los brillos o niveles de gris de los máxeles de orden superior que así se generan equivalen a promedios de grupos de 4x4 píxeles de la imagen original, con lo que se obtiene una reducción espacial de datos de factor 2^{2N} , siendo N el número de promedios realizado. El valor de N es contextual y está relacionado al tamaño del objeto en la imagen, su textura y características diferenciales que permitan segmentarlo o aislarlo del resto de la imagen. Una característica diferencial es el movimiento. Al comparar dos imágenes sucesivas en intervalos de tiempo suficientemente cortos, el fondo de la imagen permanece fijo por ser normalmente despreciables los cambios de iluminación. Por ello se pueden distinguir fácilmente qué regiones de las imágenes han cambiado y asociar el cambio a las distintas posiciones de un móvil en las imágenes. Para que el proceso total sea eficiente, se precisa que la generación de las imágenes de resolución reducida sea simultánea o con retardo despreciable en relación a las imágenes que entregan los sensores y que, de forma similar, cuando se trabaje en una región de una imagen de resolución reducida, se deduzcan fácilmente las coordenadas correspondientes de esa región en la imagen de máxima resolución. Este tipo de paralelismo es perfectamente realizable con dispositivos FPGA o CPLD, ya que sus recursos permiten configurarlos para operar de ese modo.

La invención que se describe consiste en una serie de algoritmos cuya implementación en *hardware* de alta velocidad permite extraer o segregar las regiones correspondientes al móvil e identificar en esas regiones puntos de su contorno que puedan ser identificados fácilmente en imágenes de la secuencia. Las ventajas que ello supone son, en primer lugar, facilitar la búsqueda de correspondencia de un punto en cada par de imágenes y, en segundo lugar, facilitar la identificación del mismo punto en el par de imágenes siguiente.

Los algoritmos se inician con uno que permite obtener una imagen del fondo de escena libre de móviles, guardando la imagen fondo en una memoria FIFO -*First In First Out*- de donde se lee en el mismo orden en que se escribe. El proceso de lectura es síncrono con la entrada de los máxeles de una imagen de igual resolución, comparándose ambas imágenes máxel a máxel, lo que permite extraer y marcar aquellos máxeles de la imagen entrante cuyos brillos difieren de la imagen fondo por encima de un umbral, lo que supone asociarlos a una región de móvil. Al tiempo que se extraen y marcan los máxeles correspondientes al móvil, otro algoritmo actualiza la imagen de fondo de una manera selectiva que retarda la incorporación de brillos de regiones móviles en el fondo, mientras que absorbe rápidamente los pequeños cambios de brillo que, por cambios de la iluminación ambiental, puedan afectar ligeramente al brillo de las regiones de fondo. De esta forma se obtiene un fondo actualizado con cada imagen entrante, rescribiéndolo en la FIFO, y se habilita un mecanismo que, en caso de que el móvil se detenga, después de unas pocas imágenes lo incorpora al fondo actualizado, sustituyendo al fondo que queda oculto por él. En paralelo con los procesos de los algoritmos anteriores, unos contadores registran la evolución de las coordenadas (x,y) de los máxeles de la imagen entrante, lo que permite registrar las coordenadas de aquellos que corresponden a regiones del móvil y conocer cuales han sido las coordenadas mínimas y máximas de los máxeles correspondientes al móvil, utilizando en el proceso de registro las marcas que se les han asignado en el paso anterior. Dado que las coordenadas mínimas y máximas corresponden a puntos del contorno y que los algoritmos se aplican paralelamente en cada una de las imágenes del par, la asociación de puntos mínimos y máximos en ambas imágenes se hace en tiempo real y equivale a una asociación de correspondencia que no se puede considerar definitiva, ya que los procesos se han llevado a cabo en imágenes de baja resolución. Sin embargo, la asociación existe y sirve de referencia en un proceso externo donde, partiendo de las coordenadas Min/Max obtenidas y por una simple conversión de coordenadas de baja resolución a las correspondientes de alta resolución, se buscará una coincidencia óptima de regiones en las imágenes de alta resolución que será la que proporcione las coordenadas de correspondencia a nivel de píxeles, en un proceso corto que se ejecuta mientras el subsistema de baja resolución está procesando el siguiente par de imágenes. De esta forma, el proceso total se realiza en tiempo real, siendo el retardo que se tiene en presentar los datos de distancia o velocidad inferior al tiempo que dura una imagen.

El proceso de correspondencia fina se realiza en un procesador externo en cuya memoria se han ido almacenando el par de imágenes de alta resolución al tiempo que se estaban generando, las de baja resolución y las marcas binarias que identifican regiones del móvil, así como las coordenadas de los puntos del contorno de los que se elegirán aquellos dos que, en función de la iluminación ambiental, presenten mayor contraste por estar libres de sombras. El proceso de búsqueda de correspondencia a nivel de píxeles se realiza con un algoritmo *software* cuya duración es bastante corta, ya que la región de búsqueda se acota al tamaño que supondría la descompresión del máxel de la imagen de baja resolución que se ha utilizado, ampliándose en dos máxeles a cada lado para absorber posibles errores en los valores de las coordenadas de baja resolución que se han transferido. Así, con carácter ilustrativo pero no limitativo, si las imágenes de baja resolución que se utilizaran fueran el resultado de dos compresiones, cada máxel correspondería a 4x4 píxeles. En tal caso, la región de búsqueda se acota en 5x5 máxeles, siendo el central aquel en que se ha fijado el punto específico de correspondencia. En alta resolución, los 5x5 máxeles corresponden a una ventana de 20x20 píxeles, donde se desplaza la región central de 3x3 máxeles, es decir, 12x12 píxeles, para buscar la posición de coincidencia máxima entre las dos imágenes del par, cuyas coordenadas centrales serán las de $P_d(x_d, y_d)$ y $P_i(x_i, y_i)$.

Por otra parte, en todo sistema de medida es necesario saber la precisión y exactitud con la que es capaz de medir. Derivando la ecuación (1) es fácil deducir que

$$\frac{dL}{d|d_i - d_d|} = \frac{L^2}{bf}, \quad \text{equivalente a} \quad \Delta L = \frac{L^2}{bf} \cdot \Delta|d_i - d_d| = \frac{L^2}{bf} \cdot \Delta d \quad (11)$$

donde ΔL representa la resolución en distancia, es decir, el mínimo cambio discernible en la distancia L medida, correspondiente al valor de Δd mínimo, o mínimo valor de la disparidad $d_l - d_d$. El valor de Δd es el paso entre píxeles. La ecuación (11) indica que la resolución en distancia es tanto mejor, o que las distancias discernibles son más pequeñas, cuanto mayores sean la distancia focal f y la línea base b , y que crece o decrece proporcionalmente con la resolución del sensor, Δd , determinada por el número de píxeles por unidad de longitud, mientras que empeora proporcionalmente al cuadrado de la distancia L . En base a estos datos, después de seleccionar el sensor más conveniente y conocer su resolución Δd , el diseño y configuración de un sistema de medida de velocidades puede realizarse contextualmente, relacionando el rango de velocidades que se desea medir y la distancia de los móviles con la longitud de la línea base b que debe tener el sistema, ya que las lentes disponibles en el mercado permiten seleccionarlas dentro de una relativamente amplia gama de calidades y valores de distancia focal f .

Si bien Δd determinará la mejor resolución que se puede esperar del sistema, la precisión de las medidas estará relacionada a la repetibilidad o variación de los valores que se obtienen al realizar varias veces una misma medida en unas determinadas condiciones. Los valores obtenidos al efectuar las medidas suelen presentar una distribución estadística normal, representada por la varianza de dicha distribución e indicativa de la precisión del sistema. Por otra parte, la exactitud de las medidas depende de los errores sistemáticos debidos a errores de calibración, desajustes o defectos en la configuración del sistema. Tanto la precisión como la exactitud pueden determinarse y optimizarse cuando el sistema está instalado y preparado para medir.

Descripción de una realización preferida

Dado que la línea base es un parámetro importante en cualquier ecuación relacionada a la medida de distancias por imágenes estéreo, se precisa una estructura rígida y resistente, preferiblemente de aluminio, que contenga la circuitería electrónica y que permita la colocación de las cámaras en una base estable, cuya longitud, grosor y resistencia deben ser acordes al uso al que se destine el sistema.

En el soporte rígido indicado en las Figuras 4a, 4b y 4c se esquematizan posibles disposiciones de las cámaras D e I, de los circuitos impresos que realizan el procesamiento de imágenes, identificados como Subsistema D y Subsistema I, y del circuito impreso del Adaptador que concentra los datos de ambos canales para enviarlos al sistema externo a través de un cable identificado como Cable S.

Los circuitos impresos están unidos entre sí por cables identificados como Cable D y Cable I según el canal al que están asociados. En función de la longitud conveniente para la línea base, los elementos del adaptador de canales y los subsistemas de cada canal están preferiblemente concentrados en una única tarjeta de circuito impreso situada aproximadamente en el centro de la línea base, tal como se detalla en la Figura 4a, pero pueden estar separados, si la longitud de la línea base es relativamente grande y la calidad de las señales requiere que se dispongan los subsistemas de procesamiento a distancias aproximadamente iguales de las cámaras y del adaptador de canales.

También es posible fijar y conexionar las cámaras como detalla la Figura 4b, directamente sobre los subsistemas que pueden deslizar y fijarse a lo largo del soporte rígido para que la distancia b entre los ejes ópticos sea la más conveniente y, si la longitud de la línea base no es excesivamente grande, en un único circuito impreso se pueden montar las cámaras y toda la circuitería electrónica, como muestra la Figura 4c, donde, con el fin de tener una mayor versatilidad y permitir distintas longitudes de línea base, se dispone de más de una ubicación o receptáculo para las cámaras de cada canal, lo que es aplicable también en las Figuras 4a y 4b. Así, con carácter ilustrativo pero no limitativo, la cámara D puede estar en la ubicación D1 o D2, y la cámara I en la I1 o I2, lo que permite disponer de cuatro longitudes diferentes de línea base, si son distintas las distancias D1-D2 y la I1-I2. Las cámaras, aparte de su conexión eléctrica, se unen mecánicamente a sus soportes con tornillos especiales o elementos mecánicos regulables que permiten un ajuste fino de la orientación de sus planos focales, para conseguir el paralelismo de los ejes ópticos.

Por las características dinámicas de las escenas, el sistema debe operar con elevada velocidad de procesamiento de imágenes. Por ello, la realización preferible está basada en circuitos *hardware* basados en dispositivos de tipo FPGA, CPLD o DSP, ya que la aplicación de algoritmos *software* para captura de imágenes daría, en general, respuestas más lentas y serían inadecuados para obtener los datos precisos en intervalos de tiempo cortos. Para una mejor comprensión del funcionamiento de la circuitería y sus bloques funcionales se adjunta la Figura 5, que muestra el subsistema de procesamiento de uno de los dos canales, idéntico al otro en estructura y funcionalidad, así como el conjunto de elementos comunes a los dos canales. La función de los bloques y señales de procesamiento se describe a continuación:

Oscilador maestro

Común a los dos canales, para que ambos actúen sincronizados por él. Los pares estéreo se captan en los mismos instantes de tiempo, pues de otra forma no sería posible obtener la correspondencia instantánea de los puntos $P_i(x_i, y_i)$ y $P_d(x_d, y_d)$ que se observan en las secuencias de imágenes. De sus coordenadas se deducen los espacios recorridos en los intervalos de tiempo que se fijen. Del reloj maestro se derivan dichos intervalos que, aplicados en la ecuación (2), permiten calcular velocidades.

Procesador externo

Es el elemento común que, a través de un operador y con un *software* específico para cálculo y presentación de velocidades, configura los dos canales del sistema por medio de instrucciones de salida que son decodificadas o interpretadas en los canales. Además, almacena las imágenes captadas por los dos sensores y otras de baja resolución con señales que sirven como complemento para buscar la correspondencia y coordenadas de los puntos $P_i(x_i, y_i)$ y $P_d(x_d, y_d)$ en alta resolución. El programa *software*, por la ecuación (10) obtiene los espacios recorridos por el móvil y, por la ecuación (2), calcula, registra y muestra las distancias y velocidades medidas y, opcionalmente, una serie de datos adicionales como la hora y condiciones en que se realizan las medidas, las imágenes de las que se obtienen y datos como varianzas, distancias al móvil en cada par estéreo según la ecuación (9) y otras afines que, según el interés del usuario, pueden obtenerse por *software* a partir de los datos registrados en las memorias del procesador.

Adaptador de canales

Elemento común que distribuye instrucciones a los dos canales y almacena de modo temporal los datos procedentes de ellos, secuenciando o multiplexando su transmisión al procesador. Contiene una memoria FIFO -*First In First Out*- para cada canal, lo que le permite transmitir a mayor velocidad de la que recibe, haciéndolo a ráfagas alternadas entre ambos canales cuando las FIFOs contienen un número de datos que excede un valor prefijado configurable desde el procesador, quedando vacías las dos FIFOs al finalizar el procesamiento de un par estéreo. El adaptador inserta cabeceras predeterminadas al inicio de cada ráfaga de FIFO, para indicar de qué canal proceden los datos que siguen. Actúa también como interfaz de adaptación de los niveles eléctricos de las señales que emiten/reciben los canales y aquellas que recibe/emite el procesador.

Lente y Sensor

Constituyen una cámara que capta las imágenes de las escenas. Las salidas de la cámara son las señales que genera el sensor de imagen CCD o CMOS, adaptadas en características y niveles eléctricos para su transmisión. De modo ilustrativo y no limitativo, en la Figura 5 se concentran en 8 señales de un *bus* identificado como $Im(7..0)$, que contiene codificados los niveles de brillo de los píxeles e incluso de los tiempos inactivos entre píxeles. Para mayor claridad de la Figura 5 no se muestran otras señales que suministran siempre estos sensores, cuyas funciones son la validación de los datos $Im(7..0)$ por una señal conocida como reloj de pixel, el sincronismo horizontal o de líneas y el sincronismo vertical o de imágenes. Estas señales están relacionadas a la frecuencia y fase del Oscilador maestro anteriormente descrito que, con la circuitería necesaria para ello, controla la tasa de imágenes y los sincronismos.

Decodificador de comandos

Recibe las instrucciones del procesador que controla el sistema. Decodifica las instrucciones recibidas y, por medio de un protocolo y conversión a señales interpretables por los sensores, los configura para que suministren las imágenes con un número variable de líneas y columnas de píxeles, adapta la sensibilidad de los sensores a las condiciones luminosas de las escenas, regula la tasa de imágenes que suministran ajustando retardos entre líneas sucesivas e imágenes sucesivas y gradúa los niveles de gris de los píxeles sobre umbrales o niveles de negro variables, para compensar posibles diferencias en las características de los sensores del canal derecho e izquierdo.

Interfaz entrada/salida del canal

Multiplexa los datos que se envían al procesador y separa las instrucciones de formato y tasa de imágenes que configuran sensor y Generador multirresolución, de aquellas relativas a módulos de procesamiento de imágenes.

Generador multirresolución

Realiza promedios sucesivos de 4 a 1, generando imágenes de resolución $1/2^{2N}$ a través del *bus* $Mx(7..0)$. El valor de N es parte de una instrucción emitida por el procesador que se interpreta en el Decodificador de comandos de sensores. Las imágenes de baja resolución se utilizan para acelerar el proceso de localización de móviles en las escenas. Dado que en determinadas aplicaciones no es necesario utilizar toda la información que aportan los 8 a 10 bits que codifican el brillo de los píxeles, por otras instrucciones se puede ordenar el truncamiento de los bits menos significativos que se consideren innecesarios, tanto de la imagen de alta resolución como de la imagen de baja resolución que se obtenga a la salida del generador.

Decodificador de umbrales

Recibe instrucciones específicas del procesador y extrae de ellas los valores umbrales que se utilizan en los bloques identificados como Extractores de fondo y de máscara.

Extractor de fondo y FIFO de fondo

Trabajan en paralelo. El extractor recibe imágenes de baja resolución $Mx(7..0)$ y las transfiere a una FIFO externa, máxel a máxel, después de realizar una actualización rápida del brillo de los máxeles que están por debajo de un umbral de diferencia de brillo y una actualización lenta con aquellos que lo superan. El extractor hace una comparación, máxel

a máxel, entre la imagen que está recibiendo y la de igual resolución que extrae de la FIFO, que es la imagen del fondo actualizado con la imagen previa. Los máxeles entrantes cuya diferencia con los máxeles correspondientes de la imagen fondo supera el umbral establecido, se consideran pertenecientes a un móvil y se actualizan en un porcentaje pequeño del valor de la diferencia con la imagen fondo, mientras los máxeles que están por debajo del umbral se actualizan en un porcentaje alto. Después de cada corrección, los máxeles se reenvían a la FIFO que queda así actualizada con un valor de brillo casi igual al de la imagen entrante en los máxeles que corresponden a fondo, que pueden haber cambiado ligeramente por efecto de la luz ambiental, mientras que los máxeles que contienen diferencias altas con el umbral se aproximan en su valor al del brillo del máxel entrante, pero lentamente, para mantener las diferencias con el umbral en la imagen siguiente. De esta forma, si un móvil llegara a quedarse quieto, al cabo de unas 15 ó 20 imágenes de actualización se integraría en la imagen fondo, ya que dejaría de ser móvil al quedar quieto, sustituyendo progresivamente al fondo real que esté siendo ocluido por él. En escenas donde el móvil evoluciona, el efecto de la corrección lenta en la imagen fondo es una estela del móvil que modifica muy ligeramente el valor del fondo, manteniendo la diferencia con el umbral al hacer comparaciones con la siguiente imagen entrante y permitiendo extraer el móvil del fondo y determinar su trayectoria. Dado que la comparación se hace con imágenes de resolución inferior a la de las generadas por los sensores, es decir, con un número de máxeles que será $1/4$, $1/16$ ó $1/2^{2N}$ del de píxeles entrantes al Generador multiresolución, es posible realizar todas las operaciones de comparación y recarga de la FIFO sin que el tiempo sea un factor crítico.

La creación del primer fondo se hace en menos de un segundo al iniciar la operación del sistema, eliminando los móviles que puedan existir en las primeras imágenes, si los hay. Con tasas de 25 imágenes/segundo son suficientes 20 imágenes para tener un fondo útil. El valor del umbral de las diferencias de brillo, relacionado a la luminosidad de las escenas, se reajusta automáticamente en el procesador por un algoritmo que obtiene el brillo medio de las imágenes que recibe, generando instrucciones de actualización de umbral cuando éste ha cambiado. Los canales separan las instrucciones y, a través de sus Decodificadores de umbrales, configuran los comparadores del Extractor de fondo.

Extractor de máscara Msk

Actúa comparando la imagen fondo y la imagen de baja resolución entrantes a él. Utiliza otro umbral similar al anteriormente citado para generar una imagen que sólo contiene información en los máxeles que corresponden a región móvil, mientras que el resto se codifican nulos. De esta forma se obtiene una imagen máscara binaria correspondiente a la de baja resolución, codificada con valor 1 ó 0 para las regiones de móvil y los opuestos, 0 ó 1, para el fondo. Los bits *Msk* de la máscara binaria se envían al procesador como cabecera o pie de los brillos de los máxeles de la imagen de baja resolución $Mx(7..0)$. Así se identifica a los máxeles que corresponden a móvil, facilitando la extracción de coordenadas de la región de móvil en las imágenes de alta resolución, por relación con las coordenadas de éste en baja resolución.

Min/Max

Bloque funcional encargado de registrar las coordenadas máximas y mínimas de la región móvil extraída de la máscara binaria. Los puntos $P_i(x_i, y_i)$ y $P_d(x_d, y_d)$ de la imagen de alta resolución pueden estar situados en una ordenada $y_i = y_d$ igual o muy próxima a la que corresponde a *Ymin* o *Ymax*, o en la ordenada correspondiente a los puntos *Xmin* o *Xmax*, que se obtienen después de hacer la correspondencia de baja a alta resolución. Las coordenadas *Xmin*, *Xmax*, *Ymin* e *Ymax* identifican puntos significativos del contorno del móvil que contrastan con el fondo de imagen, por lo que son referencias útiles para hacer su seguimiento y, con ese fin, se envían al procesador después de finalizar el envío de los datos contenidos en la FIFO baja resolución.

FIFO baja resolución

Almacena temporalmente los máxeles de la imagen de baja resolución $Mx(7..0)$ utilizada en los procesos de extracción de fondo y máscara, además del bit *Msk* que identifica los máxeles de región móvil. Dado que el número de datos en esta FIFO es relativamente bajo, para su transmisión al adaptador de canales se intercalan de forma periódica entre los píxeles $Im(7..0)$ de la imagen de alta resolución. Con esta imagen de baja resolución y la correspondiente del otro canal, ambas con información de la posición del móvil y de las coordenadas extremas de él *Xmin*, *Xmax*, *Ymin* e *Ymax*, el procesador hace una estimación de las coordenadas de los puntos $P_i(x_i, y_i)$ y $P_d(x_d, y_d)$ correspondientes en las imágenes de alta resolución que tiene almacenadas en la memoria y, buscando las mínimas diferencias en procesos de comparación de brillos de pequeñas regiones alrededor de tales puntos, hace de forma selectiva la búsqueda rápida, precisa y definitiva de las coordenadas x_i y x_d , para calcular a partir de ellas las distancias recorridas en los intervalos de tiempo prefijados para obtener las medidas de velocidad.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, **caracterizado** por utilizar técnicas multiresolución para hacer el análisis de imágenes estéreo y acelerar los procesos de búsquedas de correspondencias estéreo.

2. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según reivindicación 1, **caracterizado** por su capacidad para realizar las siguientes funciones:

Primera. Obtener puntos significativos en contornos de regiones móviles en secuencias de imágenes estéreo captadas por dos cámaras dispuestas sobre un soporte rígido, realizando para ello las siguientes operaciones o pasos en ambos canales estéreo simultáneamente:

- a- Reducir la resolución por una o más compresiones sucesivas de 2x2 elementos a 1.
- b- Comparar las imágenes de resolución reducida con otras de igual resolución que contienen el fondo de las escenas, actualizando dicho fondo con la imagen entrante en base a un umbral de diferencias de brillo entre ambas imágenes.
- c- Simultáneamente con el paso anterior, extraer las regiones móviles por diferencia de brillos entre los elementos de las imágenes entrantes y las existentes como fondo.
- d- En paralelo con c), extraer una máscara binaria que identifica regiones móviles y estáticas por el valor de un bit, asignado en referencia a un umbral de brillo.
- e- Añadir al código de brillo de cada elemento de la imagen de resolución reducida el bit correspondiente de la imagen binaria extraída en el paso d), como bit de cabecera o pie, y almacenar temporalmente el conjunto en una memoria FIFO.
- f- Registrar las coordenadas mínimas y máximas de las regiones que identifican a los móviles en las imágenes binarias, al tiempo que éstas se están generando.

Segunda. Recibir de un procesador externo instrucciones con información para:

- a- Configurar los sensores y definir el tipo de imágenes que suministran.
- b- Configurar el modo de operación del generador multiresolución que reduce la resolución de las imágenes que entregan los sensores.
- c- Configurar los extractores de imagen de fondo y de máscara binaria.

Tercera. Recibir simultáneamente de ambos canales, en un elemento común a ellos provisto de dos FIFOs de longitudes y anchuras reconfigurables, una para cada canal, en forma progresiva y con secuencias periódicas desde cada canal, los siguientes datos:

- a- Los píxeles de las imágenes de alta resolución generadas por los sensores.
- b- Los elementos contenidos en las FIFOs del paso e) previamente citado.
- c- Las coordenadas mínimas y máximas registradas en el paso f) previamente citado.

Cuarta. Transmitir a un procesador externo los datos contenidos en las dos FIFOs del elemento común a ambos canales, en fragmentos tomados alternadamente de las dos FIFOs y transmitidos en ráfagas de alta velocidad antes de que los sensores comiencen a generar un nuevo par de imágenes, a fin de que el procesador les aplique una serie de algoritmos *software* para la búsqueda precisa de la correspondencia de puntos específicos en el contorno de la región móvil y calcular los valores de distancia y velocidad.

3. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por disponer en cada uno de sus canales de un generador reconfigurable que suministra imágenes de resolución reducida por N compresiones sucesivas de 2x2 elementos a 1, siendo N un número entero enviado como parte de instrucciones externas que configuran al generador para que mantenga o reduzca el número de bits que codifican el brillo de los elementos de las imágenes entrantes a él y las salientes con menor resolución.

4. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por tener un extractor de fondo de imagen en cada canal, implementado en dispositivos *hardware* reconfigurables que, por instrucciones de un procesador externo, actualizan de forma inmediata el valor de un umbral de diferencia entre los brillos de elementos correspondientes de una imagen denominada de fondo y una

imagen entrante con igual resolución, lo que permite compararlas a medida que van entrando los elementos de la última y, tomando como referencia dicho umbral, considerar los elementos de las imágenes entrantes como pertenecientes a una región móvil o a una estática y actualizar la imagen fondo con los brillos de la imagen entrante de una manera selectiva que retarda la actualización de regiones móviles mientras que aplica de forma casi inmediata los posibles cambios de brillo en las regiones estáticas, guardando los resultados de las actualizaciones de forma progresiva y ordenada elemento a elemento en memorias FIFO externas, de las que serán leídos en igual orden para comparar los elementos con los de nuevas imágenes entrantes, detectar nuevas regiones móviles y reactualizar la imagen fondo en la forma descrita.

5. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por disponer en cada uno de sus canales de un extractor de imágenes o máscaras binarias correspondientes a la región móvil que se extrae, asignando valores binarios 1 ó 0 a los elementos de la región móvil y los opuestos, 0 ó 1, a los elementos que corresponden a regiones del fondo de imagen no ocluidas por las regiones móviles.

6. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por disponer en cada uno de sus canales de registros de las coordenadas mínimas y máximas X_{min} , X_{max} , Y_{min} e Y_{max} de las regiones móviles binarizadas, actualizándose los registros de forma automática en función del valor del bit y con la progresión de las coordenadas de los elementos de la imagen binaria del móvil.

7. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por tener en cada uno de sus canales una memoria FIFO compuesta por elementos de memoria estática de la misma FPGA o CPLD en la que se configuran los subsistemas de cada canal, siendo la anchura de dichas FIFOs la suficiente para almacenar temporalmente los valores codificados del brillo de los elementos de resolución reducida, a los que se añaden como cabecera o pie los valores binarios correspondientes a la máscara que los identifica como pertenecientes a región móvil o región estática.

8. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por disponer en cada uno de sus canales de una interfaz de entradas/salidas cuyas funciones son recibir instrucciones de un procesador externo y multiplexar en sus salidas de forma periódica y codificada las señales provenientes de los sensores de imagen de alta resolución, los datos leídos de las FIFOs que contienen los elementos de imágenes de resolución reducida con los bits de máscara y, por último, las coordenadas mínimas y máximas contenidas en los registros cargados al generar las máscaras binarias.

9. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** por tener un elemento común a sus dos canales provisto de dos FIFOs de longitudes y anchuras reconfigurables, una para cada canal, que permiten recibir datos simultáneamente de ambos canales y transmitirlos en ráfagas alternadas de elevada velocidad a un procesador externo que recibe así todos los datos procedentes de los canales antes de iniciarse un nuevo par de imágenes en los sensores, aplicando una serie de algoritmos para determinar las correspondencias estéreo de dos de los puntos X_{min} , X_{max} , Y_{min} e Y_{max} que, en función de la luz ambiental, presenten mayor contraste por estar más libres de sombras y, con un programa software específico, presentar las medidas de distancias y velocidades derivadas de ello en la forma conveniente al usuario del sistema.

10. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por disponer de un par de cámaras con lentes del mismo tipo y sensores idénticos reconfigurables, fijadas sobre un soporte rígido preparado para que dichas cámaras o los elementos que las soportan se puedan posicionar o deslizar de forma que la distancia b existente entre ambas cámaras se pueda fijar a voluntad del usuario.

11. Sistema para medida de distancias y velocidades por procedimientos electroópticos no radiantes, según las reivindicaciones 1, 2 y 10, **caracterizado** por su capacidad de ajustar la orientación de las cámaras con elementos mecánicos regulables, para que sus ejes ópticos sean paralelos y estén contenidos en un mismo plano, independientemente de la posición de las cámaras a lo largo del soporte rígido que las mantiene a la distancia b conveniente para medir los rangos de distancias y velocidades deseados.

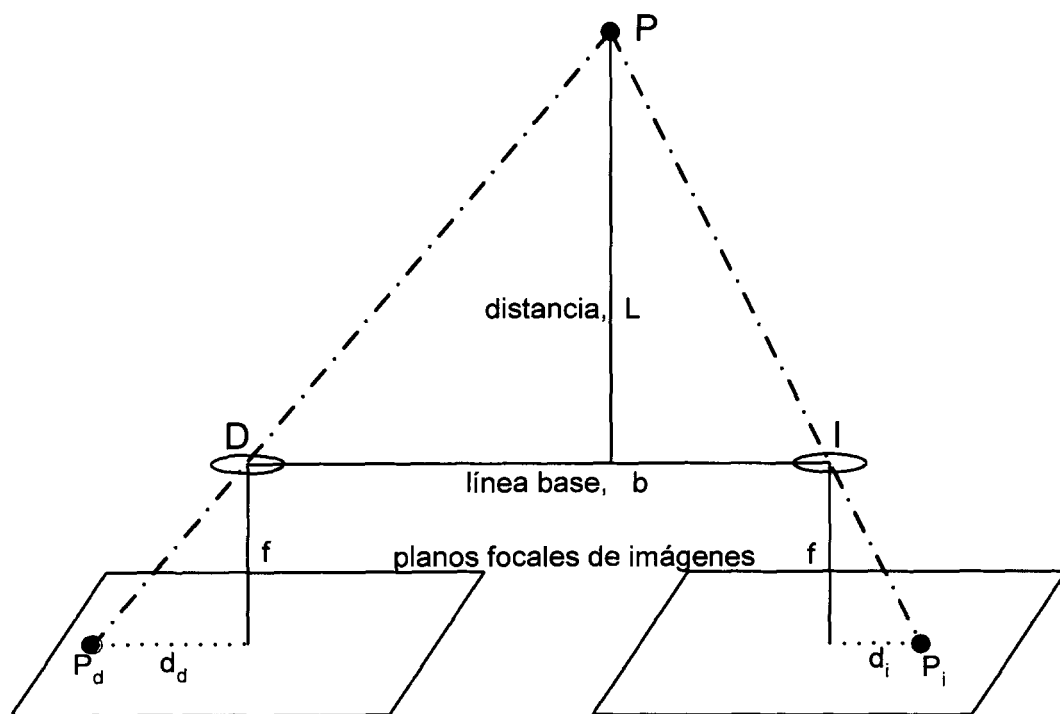


Figura 1

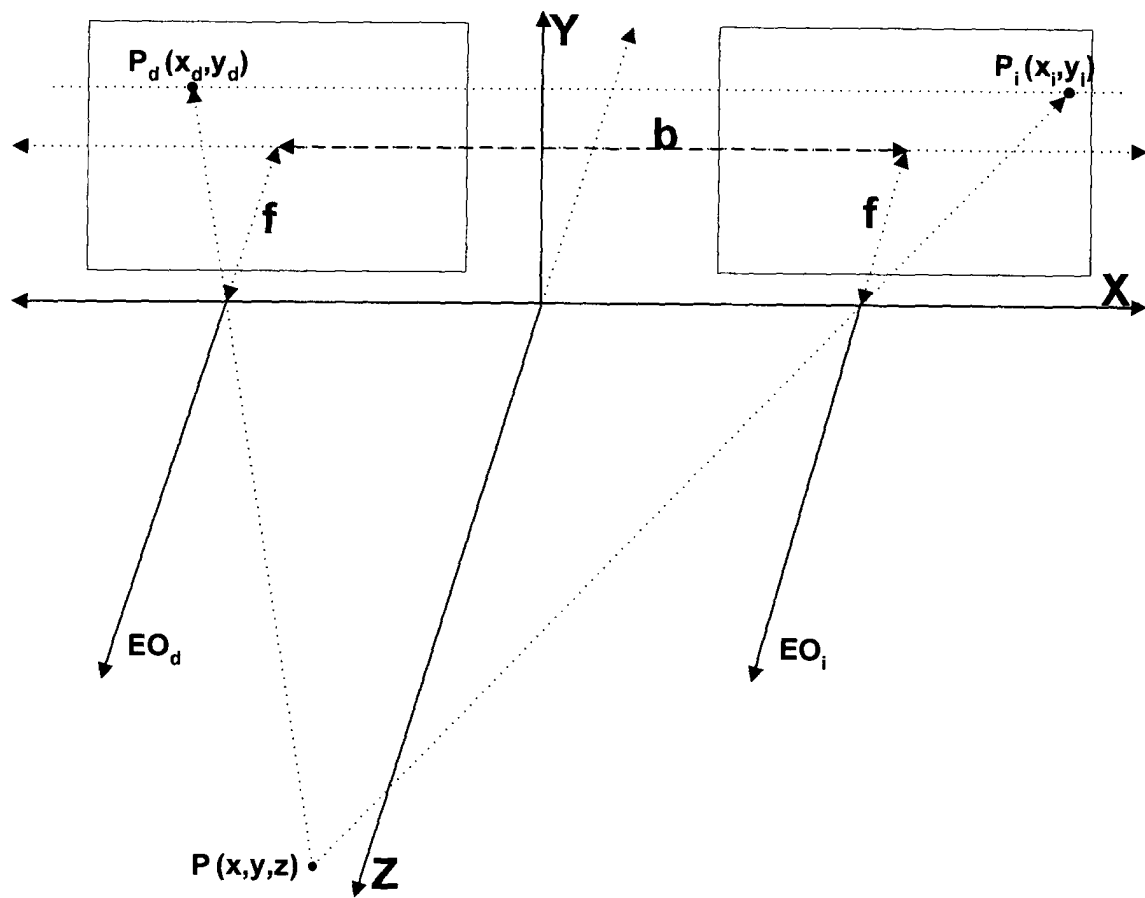


Figura 2

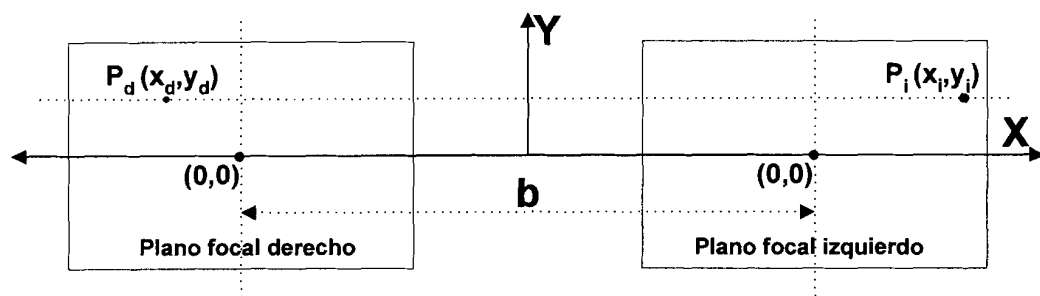


Figura 3a

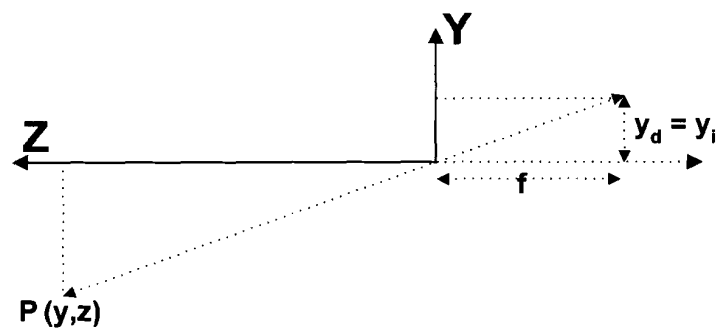


Figura 3b

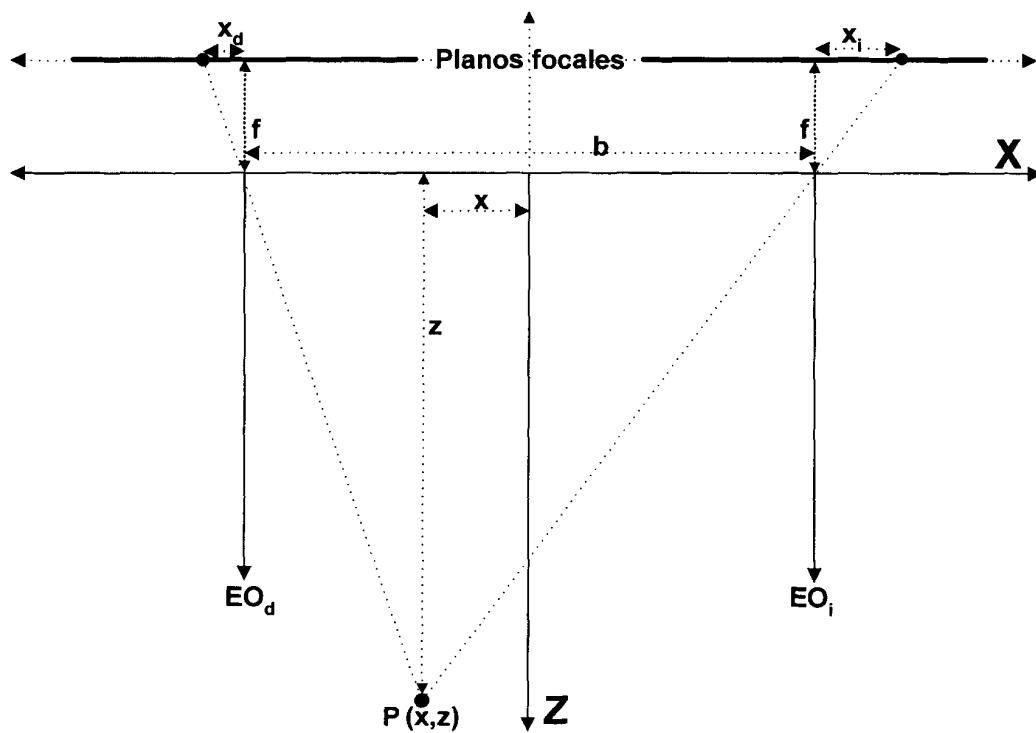


Figura 3c

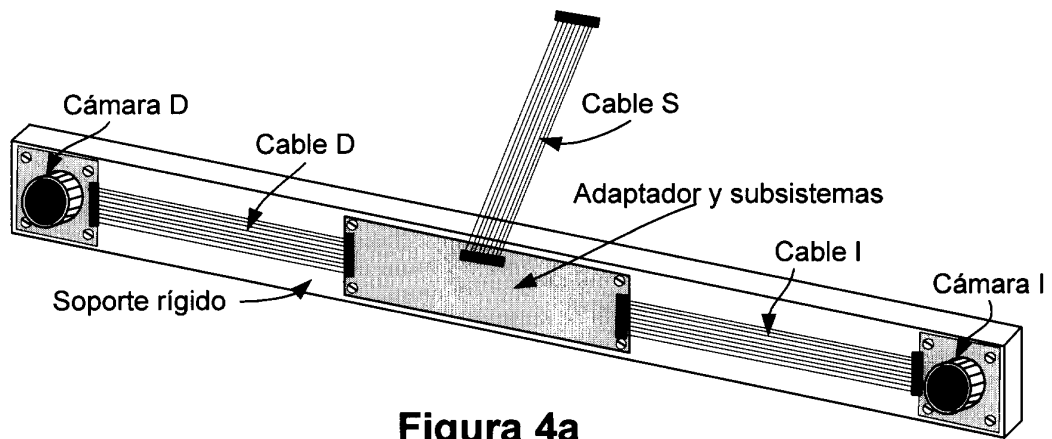


Figura 4a

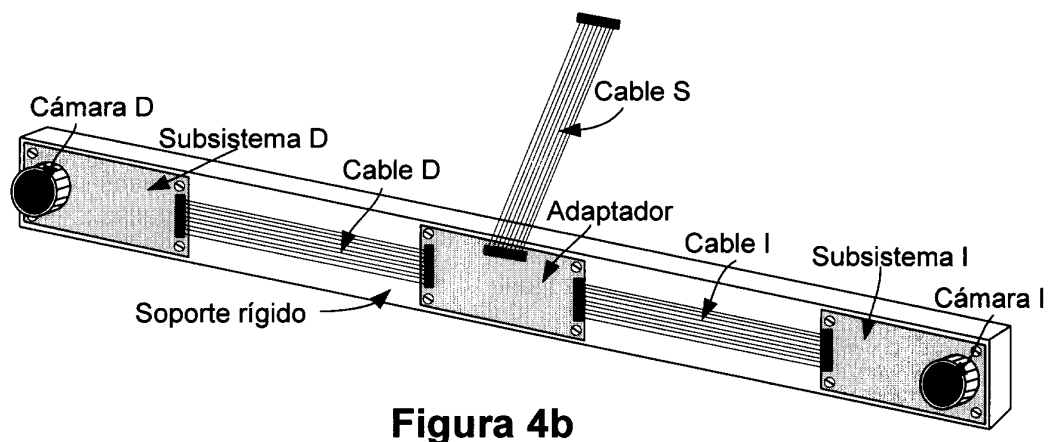


Figura 4b

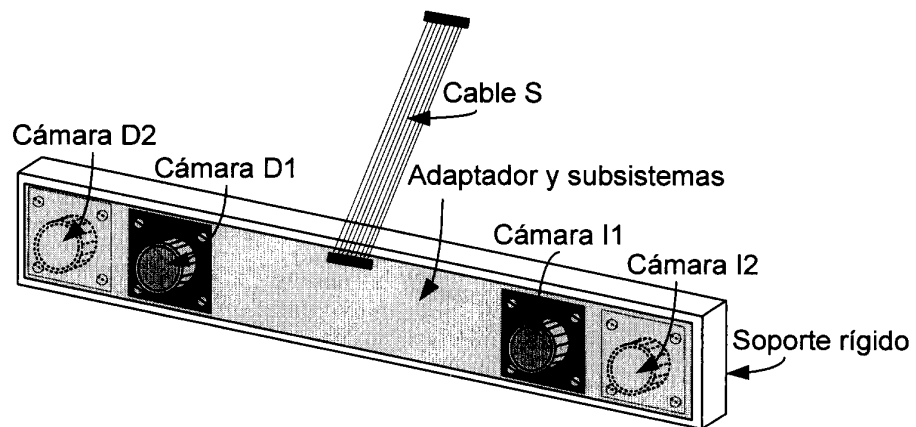


Figura 4c

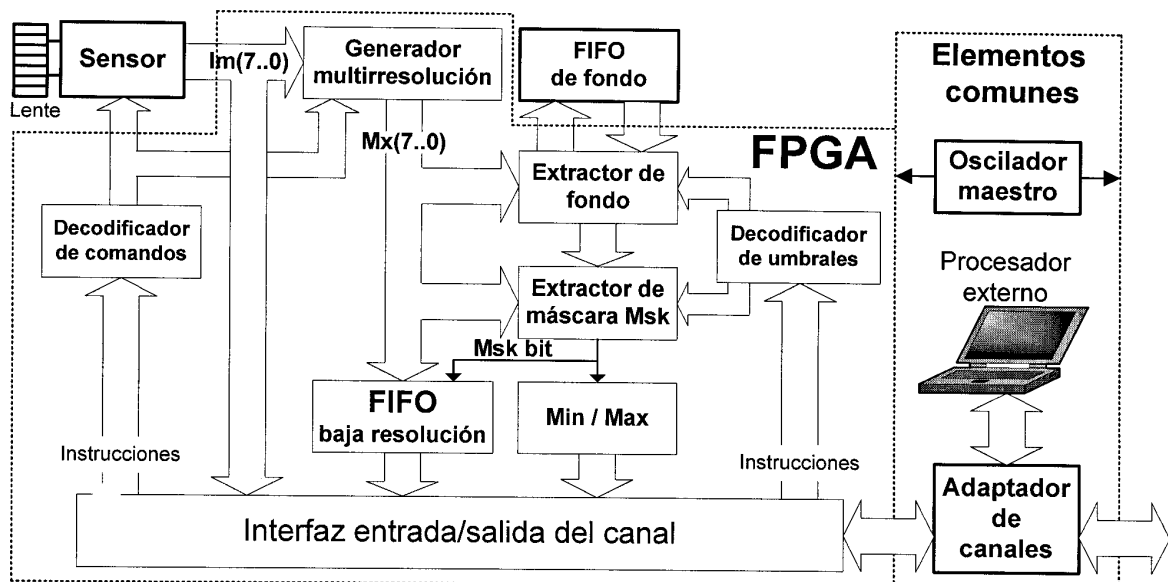


Figura 5



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 209 655

⑫ Nº de solicitud: 200202855

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 12.12.2002

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: G01P 3/68, G06T 7/00, G08G 1/04, 1/052

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	ES 2152176 A1 (UNIVERSIDAD DE MÁLAGA) 16.01.2001, todo el documento.	1
A		2-10
Y	BASE DE DATOS PAJ de JPO, JP 10-187974 A (MATSUSHITA ELECTRIC INC. CO. LTD) 21.07.1998, resumen; figura.	1
A		2-10
A	BASE DE DATOS PAJ de JPO, JP 09-097395 A (NEC CORP.) 08.04.1997, resumen; figura.	1-10
A	BASE DE DATOS PAJ de JPO, JP 11-252587 A (MATSUSHITA ELECTRIC INC. CO. LTD.) 17.09.1999, resumen; figura.	1-10
A	BASE DE DATOS PAJ de JPO, JP 61-075265 A (AGENCY OF IND. SCIENCE & TECHNOL.) 17.04.1986, resumen; figura.	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

12.04.2004

Examinador

O. González Peñalba

Página

1/1