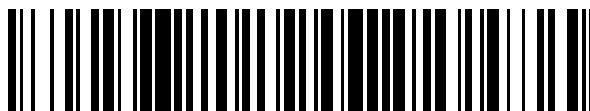


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 195**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2012 E 12705144 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015 EP 2678825**

54 Título: **Procedimiento de calibración de un dispositivo tomavistas estereoscópico**

30 Prioridad:

**24.02.2011 FR 1151499**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.11.2015**

73 Titular/es:

**NINTENDO EUROPEAN RESEARCH AND  
DEVELOPMENT (100.0%)  
128 rue de Rivoli  
75001 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**DELATTRE, ALEXANDRE y  
LARRIEU, JÉRÔME**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 550 195 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de calibración de un dispositivo tomavistas estereoscópico

La presente invención concierne al ámbito de los dispositivos tomavistas estereoscópicos y de modo más preciso a su calibración.

- 5 Los dispositivos tomavistas estereoscópicos tienden a generalizarse y pueden ser comercializados actualmente a un coste razonable. Debido a esto, estos dispositivos hacen su aparición en numerosos aparatos de uso por el público en general tales como camescopios, aparatos fotográficos y se prevé su incorporación en aparatos tales como teléfonos móviles o las consolas de juegos portátiles. Reservados en otro tiempo al material profesional, estos son realizados actualmente con la ayuda de componentes de bajo coste.
- 10 La arquitectura general de esos dispositivos está ilustrada por la Fig. 1. Estos están constituidos por un soporte 1.1 integrado en el producto que lleva dos cámaras 1.2 y 1.3. Estas cámaras están típicamente espaciadas algunos centímetros e idealmente deben ser estrictamente idénticas. Éstas igualmente deben tener sus ejes ópticos 1.5 y 1.6 idealmente paralelos. Cuando se cumplen estas condiciones, es posible entonces tomar imágenes de una escena 1.4 con la ayuda del sistema. Se obtiene una imagen izquierda tomada por la cámara 1.2 y una imagen derecha tomada por la cámara 1.3. Los objetos de la escena 1.4 situados suficientemente lejos para ser considerados como en el infinito son entonces perfectamente superponibles en las dos imágenes. Los objetos más próximos sufren un paralaje que se traduce en un desplazamiento horizontal en traslación entre las dos imágenes. Esta traslación es tanto más importante cuanto más próximo está el objeto a las cámaras manteniéndose inferior a la distancia entre las cámaras.
- 15 En este ámbito de productos para el público en general producidos a gran escala y a coste reducido, las exigencias de calidad son menores que en el ámbito profesional. Por esto, las cámaras utilizadas no son estrictamente idénticas y el posicionamiento de las dos cámaras sufre igualmente tolerancias bastante amplias.
- 20 Además, el aspecto de público en general de los productos considerados implica una gran variabilidad en el transcurso del tiempo del entorno de los aparatos que pueden ser sometidos a choques y a grandes variaciones de temperatura. Estos sucesos tienen consecuencias sobre los parámetros físicos de los sensores y su posicionamiento.
- 25 Todos estos fenómenos tienen como consecuencia que es difícil obtener una información estereoscópica fiable de las imágenes izquierda y derecha tomadas por las cámaras.
- La invención pretende resolver los problemas precedentes, proponiendo un procedimiento de calibración de un dispositivo tomavistas estereoscópico que calcule un conjunto de parámetros de corrección de las imágenes. Estos parámetros son clasificados según un orden de importancia. En un primer tiempo son estimados los parámetros de corrección de primer orden, en un segundo tiempo los parámetros de corrección de segundo orden. Los parámetros de primer orden son afinados teniendo en cuenta los valores de estimación de los parámetros de segundo orden. Ventajosamente, se efectúa una medición de la pertinencia de la escena previamente a la calibración propiamente dicha.
- 30 El documento "Camera Calibration with Distorsion Models and Accuracy Evaluation", Juyang Weng y otros, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol 14. no. 10, 1992, páginas 965-980, divulga una corrección de este tipo de los parámetros clasificados en dos órdenes: el primer orden concierne a los parámetros de rotación y traslación, el segundo orden concierne a los parámetros de corrección de la distorsión. Este documento no divulga una jerarquía en cuatro órdenes.
- 35 La invención concierne a un procedimiento de calibración de un dispositivo tomavistas estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 1.
- 40 De acuerdo con un modo particular de realización de la invención, los defectos que se eligen corregir son elegidos entre: un desplazamiento en traslación global de la imagen; una deformación en trapecio horizontal y vertical; una rotación; un factor de zoom y una distorsión en barril o en cojín.
- 45 De acuerdo con un modo de realización de la invención, el defecto de primer orden consiste en un desplazamiento en traslación global de la imagen; el defecto de segundo orden consiste en una deformación en trapecio horizontal y vertical; el defecto de tercer orden consiste en una rotación y el defecto de cuarto orden en un factor de zoom.
- De acuerdo con un modo particular de realización de la invención, el procedimiento comprende además una etapa de cálculo de un índice de pertinencia de la escena.
- 50 De acuerdo con un modo particular de realización de la invención, el cálculo de un índice de pertinencia de la escena comprende: una etapa de cálculo de los histogramas de las imágenes derecha e izquierda; una etapa de cálculo de los paralajes en una pluralidad de zonas de las imágenes izquierda y derecha; una etapa cálculo de un índice de detalles de la escena en función de la extensión de los histogramas y de los índices de correlación entre las zonas de las imágenes derecha e izquierda; una etapa de cálculo de un índice de distancia que será tanto mayor cuanto más uniformemente

pequeños sean los índices de paralajes y una etapa de formación del índice de pertinencia en función del índice de detalles y del índice de distancia.

Las características de la invención mencionadas anteriormente, así como otras, se pondrán de manifiesto de modo más claro con la lectura de la descripción que sigue de un ejemplo de realización, siendo hecha la citada descripción en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Fig 1 ilustra la arquitectura general de un dispositivo tomavistas estereoscópico.

La Fig 2 ilustra el organigrama del procedimiento de calibración de acuerdo con un modo de realización de la invención.

La Fig 3 ilustra el organigrama de la etapa de medición de la pertinencia de la escena de acuerdo con un modo de realización de la invención.

La Fig 4 ilustra el recorte de la imagen utilizada en un modo de realización de la medición de pertinencia.

La Fig 5 ilustra el procedimiento de cálculo de correlación rápida utilizado en un modo de realización de la medición de pertinencia.

Un sistema de tomavistas estereoscópico real está sujeto a un cierto número de imperfecciones físicas que tienen consecuencias más o menos importantes sobre las imágenes captadas. La colocación física de las cámaras sobre el soporte no queda nunca perfectamente alineada, lo que induce que los ejes ópticos no sean perfectamente paralelos. Así pues, para poder explotar la estereoscopia, importa corregir los efectos debidos a estas imperfecciones físicas.

La invención está basada en el hecho de que los diferentes efectos que haya que corregir no todos tienen el mismo impacto sobre la estereoscopia. Algunos son más importantes que otros. Se distinguen, así, varios órdenes en las diversas distorsiones constatadas en las imágenes captadas con respecto a las imágenes que serían obtenidas por un sistema ideal. Se habla de distorsiones de primer orden, de segundo orden, de tercer orden y de cuarto orden.

Se puede observar que, de acuerdo con el proceso de fabricación de las cámaras, la amplitud y por tanto el orden de magnitud y por tanto la corrección de cada distorsión puede variar. Así pues, se podrá ventajosamente cambiar este orden de corrección en función de la necesidad de corrección del momento. Ciertas distorsiones no aparecen en ciertas cámaras, se podrá ventajosamente evitar corregirlas. Otras distorsiones « conmutan » naturalmente: la estimación y la corrección de la rotación y del zoom pueden ser realizadas de modo independiente, por tanto en un orden indiferente.

El procedimiento de calibración consiste por tanto en estimar los parámetros de corrección que deben aplicarse a las imágenes captadas para obtener imágenes que sean las más próximas que puedan obtenerse a las imágenes que serían obtenidas por un sistema de tomavistas que no tuviera ningún defecto.

Para hacer esto, se capta una escena que debe tener buenas propiedades. En primer lugar, la escena debe estar suficientemente alejada para que las imágenes derecha e izquierda se superpongan. Se ha visto que los puntos de un objeto a lo lejos se superponen en las dos imágenes. Los defectos del sistema de tomavistas falsearán esta superposición que se desea encontrar. La escena debe también proponer un nivel de detalles que permita la búsqueda de una zona en la imagen. Una zona de color y de luminosidad uniformes no permitiría medir las distorsiones que se desean corregir. Ésta también debe estar exenta de objetos próximos, cuyos paralajes perturbarían las mediciones.

El defecto de primer orden consiste en un desplazamiento en traslación global de la imagen. Éste es debido al hecho de que no siendo los ejes ópticos perfectamente paralelos, la porción de escena captada por la cámara izquierda 1.2 no corresponde exactamente a la porción de escena captada por la cámara derecha 1.3. Se busca por tanto determinar un parámetro de traslación horizontal  $\Delta X$  y un parámetro de traslación vertical  $\Delta Y$  que permitan reajustar las dos imágenes. Esta determinación consiste en calcular, durante una etapa 2.1, el desplazamiento para el cual las imágenes quedan correlacionadas. Para hacer esto, el ejemplo de realización calcula para un conjunto de valores de traslación un coeficiente de correlación entre la imagen derecha y la imagen izquierda. Por ejemplo, se calcula la suma de los valores absolutos de las diferencias de luminosidad en cada punto de la imagen. Los valores de traslación para los cuales esta suma es mínima nos dan una primera estimación de los parámetros de primer orden.

El defecto de segundo orden consiste en una deformación en trapecio, horizontal y vertical, debida a la deformación de perspectiva inducida por el no paralelismo de los ejes ópticos de las dos cámaras. Esta deformación se traduce en una relación diferente de uno entre el borde izquierdo y el borde derecho de la imagen para el trapecio horizontal y entre el borde superior y el borde inferior para el trapecio vertical. Estos parámetros son estimados durante la etapa 2.2 por cálculo de un coeficiente de correlación para diversos valores de trapecio probados. Ventajosamente, siendo debido el trapecio a un efecto de perspectiva resultante de un defecto de paralelismo de los ejes ópticos de las cámaras y provocando este defecto un desplazamiento en traslación asociado, se asocian las correcciones de primer orden de desplazamiento en traslación y las correcciones de segundo orden ligadas al trapecio para la estimación de estos parámetros. Se aplica entonces a una imagen una traslación y el efecto de trapecio asociado durante pruebas tendentes a la estimación de los valores de estos parámetros para los cuales la correlación entre las imágenes es la mayor.

5 El tercer orden es la toma en consideración de una posible rotación de una cámara con respecto a la otra alrededor de su eje óptico. Esta rotación provoca una rotación de una de las dos imágenes con respecto a la otra alrededor del centro de la imagen situado en la trayectoria del eje óptico de la cámara. Durante la etapa 2.3, se estima este factor de rotación por cálculo del coeficiente de rotación para diferentes valores de este factor de rotación y se retiene el valor para el cual se obtiene la mayor correlación.

El cuarto orden concierne a una disparidad de ángulo de visión entre las dos cámaras. Esta disparidad provoca un factor de zoom entre las dos imágenes. Durante la etapa 2.4, el valor de este factor de zoom es estimado por correlación.

10 Ventajosamente, puede considerarse un quinto orden. Se trata de los efectos debidos a las distorsiones ópticas de las lentes de las cámaras. Según el caso, cada cámara puede inducir una distorsión en barril (barrel distortion en inglés) o en cojín (pincushion distortion en inglés). Estas distorsiones hacen aparecer la imagen como proyectada sobre una superficie cóncava o convexa. Durante la etapa 2.5, estas distorsiones son estimadas por correlación.

15 Las distorsiones pueden por ejemplo ser estimadas y corregidas por una aproximación de primer orden en la forma  $f(R)=R+aR^3$  con R la distancia o radio entre cada píxel y el centro óptico situado a priori en el centro de la imagen y f(R) la nueva posición de este mismo píxel después de la corrección de la distorsión. El signo del factor de corrección a, que vale 0 para un objetivo perfecto, determina si la deformación es en cojín o en barril.

Por comparación, se puede por tanto estimar la diferencia de distorsiones entre las dos cámaras « deformando » una para que la misma corresponda lo mejor posible a la otra.

Lo importante no es tanto corregir las deformaciones en absoluto de las cámaras, como minimizar las disparidades entre las cámaras izquierda y derecha que, a su vez, inducen una verdadera incomodidad visual en estereoscopia.

20 Se constata que es ilusorio buscar corregir un efecto de un orden dado si previamente no se han corregido los efectos de orden superior. Se constata igualmente que la corrección de un efecto de un orden dado influye sobre la estimación de los efectos de orden superior. Para mejorar la estimación de estos parámetros, se adopta entonces el algoritmo siguiente. Se hace una estimación de los parámetros de orden 1, etapa 2.1, después se pasa a la estimación de los parámetros de orden 2, etapa 2.2, sobre imágenes corregidas utilizando los parámetros de orden 1 estimados. Se obtiene entonces una primera estimación de los parámetros de orden 2. Se afina entonces la estimación de los parámetros de orden 1 aplicando una corrección a las imágenes con los parámetros de orden 2. A continuación se afina la estimación de los parámetros de orden 2 con los nuevos valores obtenidos para los parámetros de orden 1. Ventajosamente, se continúa este bucle hasta obtener una convergencia de la estimación de los parámetros. Estos parámetros son utilizados a continuación para la estimación de los parámetros de orden 3 y así sucesivamente. De acuerdo con este modo de realización, la estimación de los parámetros de un orden dado es utilizada para efectuar una nueva estimación de los parámetros de orden superior.

Se comprende que los defectos efectivos que se elige corregir así como el orden en el cual estos defectos son corregidos pueden variar en función de los sistemas. Los defectos citados y el orden citado representan solamente un ejemplo de realización de la invención.

35 De esta manera, se obtiene un juego de parámetros que permite corregir las imágenes obtenidas aproximándose a las imágenes que se obtendrían si el dispositivo tomavistas fuera ideal. Estos parámetros de corrección pueden ser utilizados después directamente durante la toma de vistas para una corrección inmediata o ir unidos a las imágenes para una corrección posterior. Estos son utilizables tanto para una toma de vistas única de tipo fotográfico o durante una serie de toma de vistas en una aplicación de tipo vídeo.

40 Se ha visto que la eficacia de este procedimiento de calibración depende en parte de la escena elegida para la toma de vistas utilizada para la estimación de estos parámetros. Esta escena debe estar suficientemente alejada, comprender un nivel de detalles que permita correlaciones fiables y no contener objetos próximos cuyo paralaje perturbaría las operaciones de correlación. Pudiendo ser efectuado este procedimiento de calibración a demanda a todo lo largo de la vida de servicio del aparato, éste puede ser puesto en práctica por un usuario poco experto en la materia. Para ayudar a este usuario a elegir una escena pertinente para efectuar el procedimiento de calibración, se añade a este procedimiento una etapa de medición de un índice de la pertinencia de la escena. Ventajosamente, el resultado de esta etapa de medición es visualizado en la pantalla en la forma de un índice de pertinencia. Este índice puede ser visualizado como una nota de pertinencia o en una forma gráfica. Por ejemplo, una barra de pertinencia cuya longitud sea proporcional al índice de pertinencia puede ser visualizada en la pantalla del aparato. Ventajosamente, el color de esta barra puede servir para determinar zonas para este índice de pertinencia, por ejemplo una barra verde si el índice es suficiente para una calibración de calidad, naranja si el índice es utilizable aunque insuficiente para asegurar la mejor calibración y rojo si es inutilizable.

55 El organigrama de la Fig 3 ilustra el procedimiento de cálculo del índice de pertinencia según el ejemplo de realización de la invención. Una primera etapa 3.1 consiste en un cálculo de los histogramas de las imágenes derecha e izquierda. La extensión de este histograma da un primer índice en relación con el nivel de detalle de la escena. En efecto, una escena demasiado uniforme da un histograma apretado mientras que un histograma bien extendido es la señal de que la escena tiene una variabilidad de los colores y de las luminancias que a priori permiten una buena correlación.

Una segunda etapa consiste en medir una rejilla de paralajes en la escena a partir de las imágenes captadas. Para hacer esto, la imagen es dividida en una pluralidad de zonas. Esta división puede ser cualquiera. De acuerdo con el ejemplo de realización de la invención, la división se hace según una rejilla tal como la ilustrada en la Fig 4. La imagen 4.1 está en este caso dividida en nueve zonas 4.2 de igual tamaño.

5 De modo que se minimicen los tiempos de cálculo necesarios, se calcula un índice de paralaje para cada zona de acuerdo con el método ilustrado en la Fig 5. De acuerdo con este modo de realización, la zona 5.2 es llevada a una línea única 5.4 por una operación tal como la suma de las columnas 5.3. La línea así obtenida es comparada por correlación con la línea equivalente de la otra imagen. La correlación se hace, por ejemplo, haciendo la suma de los valores absolutos de las diferencias. Esta suma da un índice de correlación. Se toma como índice de paralaje la traslación que da el mínimo de estos índices de correlación.

10 Ventajosamente, se aprovecha el cálculo de estos índices de correlación para calcular igualmente el valor medio de los índices de correlación y después la diferencia entre el valor mínimo retenido y este valor medio. Esta diferencia es otro índice del nivel de detalle de la imagen y de su adecuación con la fiabilidad de la correlación. En efecto, si se obtiene un índice de correlación mínimo netamente diferente del valor medio de los índices de correlación obtenidos para los valores de traslación próximos se puede decir que la correlación es fiable y que el nivel de detalle es por tanto pertinente. Por el contrario, si el valor mínimo no corta netamente otros valores del índice de correlación, es que el nivel de detalle no permite una correlación fiable.

15 Así pues, a la salida de la etapa 3.2 se obtienen dos valores, un índice de paralaje que es un valor de traslación correspondiente a un índice de correlación mínimo y un índice de fiabilidad de correlación correspondiente a la diferencia entre el índice de correlación mínimo y el valor medio de los índices de correlación. El índice de fiabilidad de correlación es utilizado conjuntamente con el índice de extensión de los histogramas para calcular un índice de detalle global de la imagen durante una etapa 3.3. Por ejemplo, se calcula una media ponderada de los índices de fiabilidad de correlación de cada zona y del índice de extensión del histograma.

20 Los índices de paralaje de las diferentes zonas son utilizados para el cálculo de un índice de distancia durante la etapa 3.4. Estos índices de paralaje son una buena aproximación de la distancia de la escena. No teniendo lugar todavía la calibración, no se puede deducir una información fiable de la profundidad, sin embargo se obtiene igualmente una buena idea. Ventajosamente, se puede aplicar el proceso de calibración de modo sucesivo, lo que permite en cada etapa de calibración sacar partido de imágenes en entrada ya « precalibradas », de donde una ganancia en precisión. Se aprovecha también la información de la repartición de los valores de los índices de paralaje. Si estos valores tienen una gran variabilidad, esto significa que existen planos a diferentes profundidades en la imagen y por tanto de los objetos en primer plano. Este aspecto tiene un impacto negativo sobre la calibración. Una escena pertinente para la calibración es una escena que produce valores uniformemente pequeños de los índices de paralaje para el conjunto de las zonas. Se calcula por tanto un índice de distancia que será tanto mayor, cuanto más uniformemente pequeños sean los índices de paralaje.

35 El índice de pertinencia es calculado finalmente en función del índice de detalles obtenido por la etapa 3.3 y del índice de distancia obtenido en la etapa 3.4. Ventajosamente, este índice es una media ponderada entre los dos índices.

40 Gracias al procedimiento descrito, se ve que es posible para un usuario efectuar una calibración de un dispositivo tomavistas estereoscópico en cualquier momento, permitiendo esta calibración una explotación de la estereoscopia al corregir defectos del sistema. Ventajosamente, el usuario es guiado durante la elección de la escena para la calibración. Este procedimiento puede ser utilizado en cualquier tipo de aparatos, especialmente para el público en general, tales como los aparatos de fotografía, cámaras de vídeo, teléfonos o consolas de juegos.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de calibración de un dispositivo tomavistas estereoscópico que dispone de dos cámaras para la captación de una imagen derecha y de una imagen izquierda, presentando el citado dispositivo una pluralidad de defectos, pudiendo ser corregido cada uno de estos defectos por aplicación de una transformación al menos a una de las dos imágenes captadas, siendo jerarquizados los citados defectos en al menos dos órdenes:
- una etapa de estimación de los parámetros de corrección de los defectos de un primer orden dado;
  - una etapa de estimación de los parámetros de corrección de los defectos de un segundo orden superior al primer orden;
  - 10 - una nueva etapa de estimación de los parámetros de corrección de los defectos de primer orden, siendo utilizada la estimación de los parámetros del segundo orden para una nueva estimación de los parámetros de corrección de los defectos de primer orden;
- caracterizado por que se utilizan cuatro órdenes para jerarquizar cuatro defectos, consistentes en:
- un desplazamiento en traslación global de la imagen;
  - una deformación en trapecio horizontal y vertical;
  - 15 - una rotación;
  - un factor de zoom.
2. Procedimiento de calibración de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el procedimiento corrige además una distorsión en barril o en cojín.
3. Procedimiento de calibración de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que:
- 20 - el defecto de primer orden consiste en un desplazamiento en traslación global de la imagen;
  - el defecto de segundo orden consiste en una deformación en trapecio horizontal y vertical;
  - el defecto de tercer orden consiste en una rotación;
  - el defecto de cuarto orden consiste en un factor de zoom.
4. Procedimiento de calibración de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que comprende además una etapa de cálculo de un índice de la pertinencia de la escena.
5. Procedimiento de calibración de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que el cálculo de un índice de pertinencia de la escena comprende:
- una etapa de cálculo de los histogramas de las imágenes derecha e izquierda;
  - una etapa de cálculo de los paralajes sobre una pluralidad de zonas de las imágenes izquierda y derecha;
  - 30 - una etapa de cálculo de un índice de detalles de la escena en función de la extensión de los histogramas y de los índices de correlación entre las zonas de las imágenes, derecha e izquierda;
  - una etapa de cálculo de un índice de distancia que será tanto mayor, cuanto más uniformemente pequeños sean los índices de paralajes;
  - una etapa de formación del índice de pertinencia en función del índice de detalle y del índice de distancia.

35

