

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 588**

51 Int. Cl.:

G02B 17/06 (2006.01)

G03B 37/04 (2006.01)

H04N 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2008 E 11160401 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **09.11.2011 EP 2385405**

54 Título: **Dispositivo de proyección panorámica, y procedimiento de ejecución en este dispositivo**

30 Prioridad:

09.08.2007 FR 0705784

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.02.2013

73 Titular/es:

**UNIVERSITE CLERMONT 1 (25.0%)
49 boulevard François Mitterrand
63000 Clermont-Ferrand, FR;
STEHLE, ROBERT ANDRÉ MARCEL (25.0%);
MB OPTIQUE (25.0%) y
BRAY, MICHAEL (25.0%)**

72 Inventor/es:

**STEHLE, ROBERT ANDRÉ MARCEL;
BRAY, MICHAEL;
SARRY, LAURENT y
ZEGHERS, ERIC**

74 Agente/Representante:

DÍAZ NUÑEZ, Joaquín

ES 2 394 588 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

Dispositivo de proyección panorámica, y procedimiento de ejecución en este dispositivo

5 **Campo de la técnica**

[0001] La invención presente se refiere a un dispositivo para proyectar una imagen, por ejemplo sobre las superficies de una sala. Se refiere también a un procedimiento de ejecución en este dispositivo.

10 [0002] El campo de la invención es más particularmente el de los videoproyectores para aplicaciones de realidad virtual o mixta.

15 [0003] Para una aplicación de realidad virtual, el dispositivo según la invención permite por ejemplo a un consumidor proyectar una imagen sobre las superficies de una sala, de modo que la imagen proyectada crea un entorno de realidad virtual, Y un observador que observa la imagen proyectada podrá observar una escena a partir de un punto de vista virtual.

20 [0004] Para una aplicación de realidad mixta, el dispositivo según la invención permite por ejemplo a un consumidor proyectar una imagen sobre las superficies de una sala, de modo que la imagen proyectada crea un entorno de realidad mixta por combinación con elementos reales de la sala.

Estado de la técnica anterior

25 [0005] La publicación GB 2 298 497 describe un dispositivo de proyección que incluye un proyector para proyectar una imagen madre, y un espejo para reflejar dicha imagen madre sobre una pantalla plana.

[0006] Las publicaciones, US 2003/081 952 y US 2004/246 333 representan dos ejemplos de sistemas de adquisición de una imagen de un entorno tridimensional.

30 [0007] Se conocen ejemplos de dispositivo de proyección de una secuencia de imágenes sobre un volumen, al comprender este dispositivo un proyector único. El proyector se coloca para proyectar una imagen en una dirección de proyección, y la imagen proyectada aumenta a medida que se propaga según un ángulo sólido de proyección centrado en la dirección de proyección. El volumen en el cual el dispositivo puede proyectar la imagen está limitado por la apertura del proyector, es decir, por el valor del ángulo sólido de proyección. Así, dicho dispositivo cuyo proyector se coloca en medio de una sala rectangular no puede proyectar una imagen simultáneamente sobre las cuatro paredes laterales de la sala.

35 [0008] Se conocen también dispositivos de proyección que comprenden varios proyectores en los que cada proyector ilumina una faceta o un objeto particular del volumen. Estos dispositivos tienen la desventaja de comprender varios proyectores, lo que representa un coste suplementario, y generalmente se deben coordinar las proyecciones de los proyectores.

40 [0009] El fin de la invención presente es proponer un dispositivo para proyectar una imagen a partir de un solo proyector, sin que el volumen o el entorno sobre el cual la imagen puede ser proyectada esté limitado por una apertura del proyector.

Exposición de la invención

50 [0010] Este objetivo se alcanza con un dispositivo de proyección, según la reivindicación 13.

[0011] El espejo se llama convexo porque comprende una superficie convexa dispuesta para reflejar por lo menos en parte la imagen madre y proyectarla sobre el entorno.

55 [0012] De manera preferente, el proyector está dispuesto para proyectar sucesivamente diferentes imágenes madres, como por ejemplo imágenes madres sucesivas de un flujo de vídeo. Estas distintas imágenes madres pueden tener distintas medidas, y distintas posiciones en relación al eje de proyección.

60 [0013] El espejo puede ser un espejo convexo que tiene sensiblemente una simetría de revolución alrededor de un eje de revolución. En este caso, el eje de revolución del espejo y el eje de proyección se confunden preferentemente.

[0014] En este documento, se dice que dos ejes se confunden sensiblemente o bien cuando están exactamente confundidos, o cuando están confundidos con aproximadamente una imperfección a.

- 5 **[0015]** De manera preferente, el espejo está dispuesto para reflejar la imagen madre deformando la imagen madre. Por ejemplo, el proyector puede colocarse para proyectar la imagen madre en el primer ángulo sólido, y el espejo puede estar colocado para proyectar la imagen madre en el segundo ángulo sólido superior al primer ángulo sólido. Preferentemente, el primer ángulo sólido es inferior a 2π estereorradianes, es decir a una semi-esfera.
- 10 **[0016]** En este documento, decimos que la imagen madre es proyectada en un ángulo sólido si la medida de esta imagen madre crece según este ángulo sólido en la medida de su propagación a lo largo de una dirección de proyección.
- 15 **[0017]** El segundo ángulo sólido puede tener cualquier valor entre 0 y 4π estereorradianes y el valor del segundo ángulo sólido depende particularmente de la posición de la imagen madre con relación al eje de proyección, de la incidencia del eje de proyección sobre el espejo, y de la medida de la imagen madre. Para una imagen madre determinada, el segundo ángulo sólido puede ser superior a 2π estereorradianes (es decir una semi-esfera), incluso sensiblemente igual o ligeramente inferior a 4π estereorradianes (es decir, una esfera).
- 20 **[0018]** Asimismo, el espejo puede estar colocado para proyectar la imagen madre en un ángulo alrededor del eje de proyección y el valor de dicho ángulo puede estar comprendido entre 0 grados y 360 grados, y que depende particularmente de la posición de la imagen con relación al eje de proyección, de la incidencia del eje de proyección sobre el espejo, y de la medida de la imagen madre. Para una imagen madre determinada, el espejo puede estar dispuesto para proyectar la imagen madre en un ángulo superior a 180 grados alrededor del eje de proyección, incluso sensiblemente igual a 360 grados alrededor del eje de proyección.
- 25 **[0019]** En este documento, un ángulo alrededor de un eje está definido en un plano perpendicular a este eje.
- 30 **[0020]** El dispositivo según la invención comprende además medios para adquirir al menos una imagen del entorno tridimensional. Una imagen del entorno puede llenar de imágenes una parte o la totalidad del entorno tridimensional. Los medios de adquisición pueden estar colocados para adquirir al menos una imagen del entorno a partir de rayos de luz emitidos por el entorno y no reflejados por el espejo. Los medios de adquisición pueden comprender una cámara, y medios de rotación de la cámara alrededor de un eje de rotación. De manera preferente, los medios de adquisición están dispuestos para adquirir varias imágenes del entorno y la suma de estas imágenes llena de imágenes el entorno a 360 grados alrededor de un eje como si se tratara de eje de rotación. Preferentemente, el eje de proyección y el eje de rotación se confunden notablemente. Además, el dispositivo según la invención comprende unos medios para establecer un modelo de entorno tridimensional a partir, al menos, de una imagen del entorno.
- 35 **[0021]** El dispositivo según la invención comprende además medios para construir la imagen madre en función de una posición de un observador y de una modelización del entorno tridimensional, de modo que el observador que observa desde su posición una proyección de la imagen madre sobre el entorno observa una escena a partir de un punto de vista virtual determinado.
- 40 **[0022]** Asimismo, el dispositivo según la invención puede comprender además unos medios para medir por lo menos una característica radiométrica del entorno tridimensional, y unos medios para corregir la imagen madre por lo menos en función de una característica radiométrica medida.
- 45 **[0023]** Finalmente, el dispositivo según la invención puede comprender además medios para fijar el espejo a una pared, suelo o techo.
- [0024]** Según otro aspecto de la invención, se propone un procedimiento de proyección según la reivindicación 1.
- 50 **[0025]** Una parte de la imagen madre puede no ser reflejada por el espejo, quedando esta parte de la imagen madre directamente proyectada sobre el entorno tridimensional por el proyector.
- 55 **[0026]** De manera preferente, el espejo refleja la imagen madre deformando la imagen madre. Por ejemplo, el proyector puede proyectar la imagen madre en un primer ángulo sólido, y el espejo puede proyectar la imagen madre en un segundo ángulo sólido superior al primer ángulo sólido. Preferentemente, el primer ángulo sólido es inferior a 2π estereorradianes, es decir, a una semi-esfera.
- 60 **[0027]** El segundo ángulo sólido puede tener cualquier valor entre 0 y 4π estereorradianes. El valor del segundo ángulo sólido depende particularmente de la posición de la imagen con respecto al eje de proyección, de la incidencia del eje de proyección sobre el espejo, y de la medida de la imagen madre. Para una imagen madre determinada, el segundo ángulo sólido puede ser superior a 2π estereorradianes (es decir, a una semi-esfera), incluso igual o ligeramente inferior a 4π estereorradianes (es decir, a una esfera).
- [0028]** Asimismo, el espejo puede proyectar la imagen madre en un ángulo alrededor del eje de proyección y el valor de este ángulo puede estar comprendido entre 0 grados y 360 grados. Para una imagen madre determinada, el

espejo puede proyectar la imagen madre en un ángulo superior a 180 grados alrededor del eje de proyección, incluso prácticamente igual a 360 grados alrededor del eje de proyección.

5 **[0029]** El procedimiento según la invención comprende además una adquisición de al menos una imagen del entorno tridimensional.

[0030] La adquisición de una imagen puede incluir:

- 10 - Un posicionamiento de una cámara con una posición angular alrededor de un eje de rotación, y
 - Una adquisición de una imagen del entorno para dicha posición angular de la cámara, a partir de rayos de luz emitidos por el entorno tridimensional.

15 **[0031]** El procedimiento según la invención puede comprender además una modelización del entorno tridimensional; la imagen madre incluirá por lo menos un punto de modelización, la adquisición de imágenes que incluye una adquisición de al menos una imagen del entorno para la modelización, y la modelización para cada punto de modelización y para cada imagen del entorno adquirida para dicha modelización:

- 20 - Un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del punto de modelización, reflejado por el espejo, y proyectado sobre el primer punto del entorno,
 - Un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del primer punto del entorno y convertido en imágenes por un punto de la imagen del entorno adquirida para la modelización, y
 - Un cálculo de una intersección de la trayectoria del rayo de luz que proviene del punto de modelización y de la trayectoria del rayo de luz que proviene del primer punto del entorno.

25 **[0032]** Cuanto más grande es el número de puntos de modelización, más elevada es la resolución de la modelización. Los puntos de modelización pueden estar repartidos sobre varias imágenes madres proyectadas sucesivamente. De manera preferente, las imágenes del entorno adquiridas para la modelización comprenden varias imágenes del entorno; la suma de estas imágenes convierte en imágenes el entorno a 360 grados alrededor de un eje como el eje de rotación. Podemos así modelizar el entorno a 360 grados alrededor de este eje.

30 **[0033]** Los cálculos de trayectorias pueden depender de parámetros de cálculo; el procedimiento según la invención puede comprender un calibrado de los parámetros; la imagen madre comprende al menos un punto de calibrado, y la adquisición de imágenes incluye al menos una adquisición de una imagen del entorno para el calibrado.

35 **[0034]** Las imágenes del entorno adquiridas para el calibrado pueden comprender por lo menos una pareja de imágenes diferentes pero que convierten en imágenes una parte común del entorno, al comprender el calibrado cada punto de calibrado y cada pareja de imágenes:

- 40 - Una unión del punto de calibrado con un punto de la primera imagen de la pareja y con un punto de la segunda imagen de la pareja; el punto de la primera imagen de la pareja y el punto de la segunda imagen de la pareja convierten en imágenes un segundo punto del entorno sobre el cual se proyecta el punto de calibrado,
 - Un cálculo de una posición teórica del punto de la segunda imagen de la pareja, a partir de la posición del punto de la primera imagen de la pareja, y de los parámetros de cálculo; el calibrado puede comprender además una modificación de al menos uno de los parámetros de cálculo, para minimizar la suma, sobre todos los puntos de
 45 calibrado, de las distancias entre la posición del punto de la segunda imagen de la pareja y la posición teórica de este punto de la segunda imagen de la pareja.

[0035] El calibrado también puede comprender para cada punto de calibrado y para cada imagen del entorno adquirida para el calibrado:

- 50 - Un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del punto de calibrado, reflejado por el espejo, y proyectado sobre un tercer punto del entorno,
 - Un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno y convertido en imágenes por un punto de la imagen del entorno adquirida para el calibrado: asimismo, el calibrado puede comprender al
 55 menos una modificación de uno de los parámetros de cálculo para minimizar la suma, sobre todos los puntos de calibrado, de las distancias entre la trayectoria del rayo de luz proyectado sobre el tercer punto del entorno y la trayectoria del rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno.

60 **[0036]** Para cada una de los calibrados descritos anteriormente, cuanto más grande es el número de puntos de calibrado, mejor es el calibrado de los parámetros. Los puntos de calibrado pueden repartirse sobre varias imágenes madres proyectadas sucesivamente. De manera preferente, las imágenes del entorno adquiridas para el calibrado comprenden varias imágenes del entorno y la suma de estas imágenes convierte en imágenes el entorno a 360 grados alrededor de un eje como el eje de rotación.

[0037] Ciertos puntos de la imagen madre pueden ser utilizados a la vez como punto de modelización y como punto de calibrado. Así pues, ciertos primeros puntos del entorno, ciertos segundos puntos del entorno, y ciertos terceros puntos del entorno pueden ser confundidos. También, ciertas imágenes del entorno pueden adquirirse a la vez para la modelización y para el calibrado.

[0038] En este documento, un "punto" puede tener una superficie distinta de cero. En efecto, un "punto" de la imagen madre (como un punto de modelización o de calibrado) puede consistir normalmente en al menos un píxel, preferentemente un píxel único. El tamaño de un punto del entorno y el tamaño de un punto de una imagen del entorno dependen por ejemplo de características ópticas del proyector o de la cámara (distancias focales, ...), de la distancia entre el proyector y el punto del entorno, etc.

[0039] Además, se entiende por "distancia entre dos trayectorias" la longitud del camino más corto rectilíneo entre ambas trayectorias.

[0040] El procedimiento según la invención comprende asimismo una construcción de la imagen madre en función de una posición de un observador, y una modelización del entorno tridimensional, de modo que el observador que observa desde su posición la proyección de la imagen madre sobre el entorno, observa una escena a partir de un punto de vista virtual determinado.

[0041] Finalmente, el procedimiento según la invención puede comprender además una medida de al menos una característica radiométrica del entorno tridimensional, y una corrección de la imagen madre en función, al menos, de una característica radiométrica medida.

Descripción de las figuras y modos de realización

[0042] Otras ventajas y particularidades de la invención aparecerán en la lectura de la descripción detallada de ejecución y de los modos de realización de ninguna manera limitativos, y los dibujos adjuntos siguientes:

- La figura 1 es una vista de perfil de un modo de realización de dispositivo según la invención,
- La figura 2 es una vista superior de este dispositivo,
- La figura 3 ilustra una imagen madre antes de su proyección por este dispositivo, tal y como se muestra en la matriz del proyector del dispositivo,
- La figura 4 ilustra seis perspectivas de una escena, y
- La figura 5 ilustra la construcción de la imagen madre de la figura 3, a partir de las perspectivas de la figura 4.

[0043] Vamos pues a describir, en referencia a las figuras 1 a 5, un modo de realización del dispositivo 1 según la invención ejecutando un procedimiento según la invención.

[0044] El dispositivo 1 comprende un proyector 2, un espejo convexo 3, una cámara 4, y unos medios de rotación 5 de la cámara 4 alrededor de un eje de rotación 6. El dispositivo 1 está rodeado de un entorno tridimensional que comprende distintos elementos que sirven de pantalla de proyección, particularmente unas paredes laterales 7, un suelo 8a, un techo 8b de una sala, así como unos objetos comprendidos en la sala. Cada uno de estos elementos puede no ser plano, como por ejemplo un objeto curvo, o un techo de una bodega.

[0045] El funcionamiento del dispositivo 1 es el siguiente. Se dispone inicialmente de una escena que se quiere proyectar sobre el entorno tridimensional con una impresión ocular deseada para un observador. El dispositivo 1 puede cubrir prácticamente todo el espacio del entorno empleando por una parte el proyector vídeo 2 que proyecta una imagen madre en un haz angularmente limitado, y por otra parte el espejo de recuperación 3 colocado en plafón y que refleja el haz angularmente limitado para dirigirlo hacia el entorno tridimensional en un ángulo sólido tan grande como sea posible.

[0046] Para que la proyección sea fiel a la impresión ocular deseada, el dispositivo 1 tiene en cuenta las especificidades de las pantallas de proyección: posición, color, coeficientes de reflexión, interacción de unos con otros.

[0047] Para eso, explota imágenes captadas por la cámara 4 de adquisición que registra el entorno alumbrado por diferentes fondos coloreados o imágenes primitivas geométricas emitidas por una matriz del vídeo proyector. Si la cámara gira alrededor del eje óptico de emisión del proyector, entonces podrá informar sobre todos los objetos que sirven de pantalla de proyección, con efectos de paralaje, y sin zona de sombra.

[0048] Las informaciones recogidas por la cámara son tratadas e introducidas en términos de correctivo de la imagen madre para modificarla y generar una imagen madre corregida que llevará las modificaciones necesarias para una restitución fiel de la escena en las pantallas, para que el observador tenga una impresión de observar esta escena con la impresión ocular deseada.

- 5 [0049] El proyector 2 es un proyector vídeo de las matrices, que comprende una matriz 9 de píxeles en la cual está fijada la imagen madre, y que comprende además un objetivo 10. El proyector está dispuesto para proyectar, a través del objetivo 10, la imagen madre a lo largo de un eje de proyección 11 ortogonal en la frente de onda de la imagen proyectada, al crecer la medida de la imagen madre en la medida de su propagación a lo largo del eje de proyección 11 según un primer ángulo sólido de proyección 18 centrado sobre el eje de proyección 11 e inferior a 2π estereorradianes. Normalmente, el proyector proyecta la imagen madre en un cono de proyección que tiene un ángulo de 30 grados en lo alto, es decir en un primer ángulo sólido 18 de $\pi/4$ estereorradianes. El eje 13 óptico del objetivo 10 pasa por el centro de la matriz 9, y se confunde con el eje de proyección 11.
- 10 [0050] El espejo 2 está fijado al plafón 8b, la superficie convexa del espejo 3 está orientada hacia el proyector 2, y el objetivo 10 está orientado hacia el espejo 3, de modo que la superficie convexa del espejo 3 esté dispuesta para reflejar por lo menos en parte la imagen madre proyectada en el primer ángulo sólido por el proyector, y para proyectar sobre la totalidad o una parte del entorno tridimensional y en un segundo ángulo sólido la parte de la imagen madre reflejada. Por lo tanto, el dispositivo 1 es un dispositivo de proyección catadióptrico, porque asocia el proyector vídeo matricial 2 con el espejo convexo 3 destinado a reflejar la imagen madre en el entorno tridimensional 7, 8a, 8b.
- 15 [0051] En el ejemplo ilustrado en la figura 1, la proyección de la imagen madre comprende una proyección de varios rayos de luz 14 a 17. El espejo 3 está dispuesto para reflejar una parte 14 a 16 de estos rayos de luz. El espejo 3 está dispuesto para reflejar algunos de estos rayos 14 hacia el suelo 8a, rayos proyectados lo bastante próximos al eje de proyección 11 por el proyector 2 que están incluso reflejados por el espejo sobre el proyector 2. El espejo 3 también está dispuesto para reflejar algunos de estos rayos 15 hacia las paredes 7, y algunos de estos rayos 16 hacia el techo 8b. El espejo 3 está dispuesto además para no reflejar una parte periférica de la imagen madre, estando los rayos de luz 17 nacidos de esta parte de la imagen madre directamente proyectados sobre el entorno tridimensional 7, 8a, 8b por el proyector 2.
- 20 [0052] El espejo 3 tiene una simetría de revolución alrededor de un eje de revolución 12. El espejo 3 puede comprender por ejemplo una porción de esfera cuya superficie convexa está orientada hacia el proyector 2. Para simplificar la geometría del dispositivo 1, el eje de revolución 12 del espejo 3 está sensiblemente confundido con el eje de rotación 6 de la cámara 4, el eje de proyección 11, y el eje óptico 13.
- 25 [0053] Gracias al espejo convexo 3, y contrariamente gracias al dispositivo de proyección según el estado de la técnica, el dispositivo 1 está dispuesto para proyectar la imagen madre de modo panorámico alrededor del eje de proyección 11. El espejo puede proyectar por ejemplo una imagen madre determinada en un ángulo superior a 180 grados alrededor del eje de proyección 11. Por ejemplo, una imagen madre centrada en el eje de revolución 12 y por tanto de proyección 11, está reflejada luego proyectada por el espejo a 360 grados alrededor del eje de proyección 11, es decir en todo el eje de proyección. En cambio, para una imagen madre que, cuando está fijada sobre la matriz 9, ocupa sólo una parte de la matriz sin cortar ni rodear el eje de revolución 12 y por tanto de proyección 11, esta imagen madre está reflejada y proyectada por el espejo 3 en un ángulo que puede tener cualquier valor inferior a 360 grados alrededor del eje de proyección. En función de la imagen madre, esta imagen madre puede por lo tanto ser proyectada sobre una o sobre todas las paredes laterales.
- 30 [0054] El espejo 3 está situado con respecto al proyector 2 de modo que el primer ángulo sólido de proyección 18 engloba la superficie convexa del espejo 3. El espejo 3 está dispuesto para proyectar la imagen madre en el segundo ángulo sólido y la medida de la imagen madre crece a medida que se propaga desde el espejo hacia el entorno según el segundo ángulo sólido. En el caso particular donde el eje de revolución 12 y el eje de proyección 11 se confunden sensiblemente, el segundo ángulo sólido se centra también sobre el eje de proyección 11. El segundo ángulo sólido puede tener cualquier valor entre 0 y 4π estereorradianes y el valor del segundo ángulo sólido depende particularmente de la posición de la imagen madre con relación al eje de revolución del espejo o el eje de proyección, y de la medida de la imagen madre sobre la matriz 9. Para una imagen madre centrada en el eje de revolución del espejo, y por tanto sobre la matriz 9, este segundo ángulo sólido es normalmente superior a 2π estereorradianes. Tal como se ilustra sobre la figura 1, el segundo ángulo sólido puede ser incluso ligeramente inferior a 4π estereorradianes y el espejo está dispuesto para reflejar y proyectar la imagen madre del suelo 8a hasta el techo 8b. La imagen madre puede pues ser proyectada sobre todas las paredes laterales, el suelo y el techo de la sala. En la figura 1, el segundo ángulo sólido está delimitado por las partes, situadas entre el espejo 3 y el techo 8b, de los rayos de luz 16.
- 35 [0055] La cámara 4 y los medios de rotación 5 de la cámara alrededor de su eje de rotación 6 permiten adquirir imágenes del entorno tridimensional 7, 8a, 8b. La cámara puede ser una cámara CCD conectada a una carta de adquisición, o bien una webcam con conexión USB, o incluso una simple cámara de fotos numérica con conexión USB o hertziana (Bluetooth o WIFI). La rotación de la cámara puede ser asegurada por un motor de tipo paso a paso (stepper motor) y la transmisión entre el motor y un movimiento de la cámara alrededor de su eje 6 está asegurada por cualquier medio por transmisión, por ejemplo una correa de sincronización; la dirección de rotación de la cámara está asegurada por un conjunto mecánico, por ejemplo una rodadura de diámetro grueso que rodea el eje de proyección 11, y deja pasar los rayos de luz de la imagen madre proyectada por el proyector. Para una posición de
- 40
45
50
55
60
65

la cámara alrededor de su eje, la cámara recibe directamente rayos de luz 20 emitidos por el entorno y reflejados por el espejo. A partir de estos rayos de luz 20, la cámara adquiere pues una imagen de una parte del entorno tridimensional, es decir de una parte de las paredes 7, del suelo 8a, del techo 8b, y de algunos de los objetos contenidos en la sala.

5
 10
 15
 20
[0056] La cámara 4 y los medios de rotación 5 forman unos medios de adquisición omnidireccional del entorno tridimensional pudiendo estos medios de adquisición adquirir imágenes de partes del entorno tridimensional repartidas en más de 180 grados alrededor del eje de proyección 11. Por ejemplo, una rotación de la cámara 4 de 360 grados alrededor de su eje de rotación 6 permite adquirir imágenes del entorno tridimensional alrededor de todo el eje de rotación 6, y por tanto, alrededor de todo el eje de proyección 11. Sin embargo, pueden existir algunos ángulos muertos, es decir partes del entorno tridimensional que no pueden ser vistas por la cámara, por ejemplo partes del suelo 8a escondidas por el proyector 2, o partes del techo 8b escondidas por el espejo 3. Para limitar estos ángulos muertos, la cámara posee un campo de visión 19 relativamente ancho, normalmente del orden de 90 grados y por tanto una distancia focal muy corta. Asimismo, para limitar estos ángulos muertos, la cámara está colocada entre el proyector 2 y el espejo 3, de modo que el eje óptico de la cámara sea sensiblemente perpendicular al eje de proyección 11, o sea inclinado ligeramente con relación a la perpendicular al eje de proyección. Finalmente, siempre para limitar estos ángulos muertos, los medios de rotación 5 pueden estar dispuestos para realizar una serie de rotaciones sucesivas de la cámara 4 a 360 grados alrededor del eje de rotación 6, y para modificar, para cada una de estas rotaciones sucesivas, la inclinación de la cámara en relación a la perpendicular al eje de proyección 11 o de rotación.

25
[0057] Por lo tanto, la cámara está dispuesta para percibir el entorno tridimensional. El dispositivo 1 comprende además medios de cálculo 21 conectados a la cámara 4. Estos medios de cálculo normalmente comprenden unos medios para poder ejecutar algoritmos o software, como por ejemplo un procesador, una unidad central de un ordenador, o una tarjeta electrónica. Estos medios de cálculo están dispuestos para considerar una percepción del entorno tridimensional por la cámara 4, y para efectuar sobre la imagen madre distintos tipos de corrección con arreglo a la percepción del entorno tridimensional.

30
 35
[0058] En primer lugar, los medios de cálculo están colocados para modelizar el entorno tridimensional a partir de una o varias imágenes del entorno adquiridas por la cámara. Cuanto mayor sea el número de imágenes utilizadas para la modelización, más imágenes se repartirán alrededor del eje de rotación 6, y más grande será la parte del entorno tridimensional que puede ser modelizada. Los medios de cálculo están dispuestos para construir en tres dimensiones una modelización del entorno por triangulación entre el espejo 3 y los medios de adquisición 4, 5. Asimismo, los medios de cálculo están dispuestos para calcular, a partir de la modelización, una distorsión que se aplicará sobre la imagen madre en función de una posición de un observador 22, de modo que el observador que observa desde su posición la proyección de la imagen madre sobre el entorno tridimensional observe una escena a partir de un punto de vista virtual determinado. Los medios de cálculo permiten por lo tanto construir la imagen madre para darle al observador la ilusión desde un punto de vista virtual.

40
 45
[0059] Por otra parte, la cámara incluye unos medios para medir al menos una característica radiométrica del entorno tridimensional, tal y como características colorimétricas o funciones de reflectancia del entorno tridimensional. Los medios de cálculo están dispuestos además para corregir la imagen madre con arreglo a las características radiométricas medidas, para que el observador 22 observe la proyección de la imagen madre sobre el entorno con los renderizados colorimétricos y las intensidades luminosas deseadas. Así pues, los medios de cálculo permiten restituir escrupulosamente la imagen madre desde el punto de vista colorimétrico y de la intensidad luminosa, teniendo en cuenta principalmente el color, la textura, y la reflectancia de cada elemento del entorno tridimensional sobre el cual se proyecta la imagen madre, y teniendo en cuenta también las fuentes de luz presentes en el entorno tridimensional.

50
[0060] El procedimiento ejecutado en el dispositivo 1 comprende las siguientes fases:

- Una proyección, realizada por el proyector 2, de la imagen madre a lo largo del eje óptico de proyección 11,
- Una reflexión de la imagen madre realizada por el espejo 3, y
- Una proyección sobre el entorno tridimensional de la imagen madre reflejada por el espejo 3.

55
 60
[0061] Como se ha indicado anteriormente, el espejo proyecta la imagen madre de modo panorámico, por ejemplo en un ángulo A superior a 180 grados alrededor del eje de proyección, incluso a 360 grados alrededor del eje de proyección 11, es decir, en todas las paredes 7 de la sala. En la práctica, este ángulo A puede tener cualquier valor comprendido entre cero y 360 grados, y éste depende de la medida de la imagen madre a nivel de la matriz 9, y de la posición de la imagen madre en la matriz 9.

65
[0062] La figura 3 ilustra un ejemplo de imagen madre 23 tal y como se muestra en la matriz 9 del proyector 2. La imagen madre 23 está centrada sobre la matriz 9, y por tanto cortada en su mitad por el eje de proyección 11. Una parte 24 situada en la periferia de la imagen madre 23, por fuera de una línea cerrada 25 (representada en punteado), no está reflejada por el espejo 3 después de haber sido proyectada por el proyector 2, sino directamente

proyectada sobre el entorno tridimensional por el proyector 2. Los rayos de luz 17 provenientes de los píxeles de esta parte 24 no encuentran el espejo 3 y están directamente proyectados sobre el techo 8b. Esta parte 24 de la imagen puede ser explotada o estar apagada; en la práctica tendemos más bien a apagar la parte 24 de la matriz que está en incidencia directa sobre el entorno y a limitarse sólo a la iluminación del espejo. La otra parte 26 de la imagen madre 23, situada dentro de la línea 25, está proyectada por el proyector 2 y reflejada por el espejo 3 sobre el entorno tridimensional. La forma de la línea 25 depende de la forma del espejo 3. En caso de que el espejo convexo tenga una forma de revolución, como una porción de esfera, la línea cerrada 25 será un círculo. La imagen madre 23 se proyecta sobre el entorno tridimensional por el proyector 2 en el segundo ángulo sólido superior a 2π estereorradianes, incluso prácticamente igual o ligeramente inferior a 4π estereorradianes.

[0063] El procedimiento incluye además una construcción de la imagen madre 23 en función de una posición del observador 22, de modo que el observador 22 que observa desde su posición la proyección de la imagen madre sobre el entorno observe una escena a partir de un punto de vista virtual P.

[0064] Esta construcción se realiza de la manera siguiente.

[0065] La escena es almacenada en el proyector 2 a través de unos medios de almacenamiento, con forma de seis perspectivas 27 a 32 ilustradas en la figura 4. Todas estas perspectivas son unas vistas de la escena a partir del punto de vista P, siendo estas perspectivas vistas de la escena según las seis direcciones llevadas por los tres ejes de una indicación ortogonal tridimensional. Estas seis perspectivas están contenidas cada una en un cuadrado, de modo que, colocando estas seis perspectivas sobre las seis caras interiores de un cubo 33 ilustrado en la figura 5, el observador colocado en el centro de este cubo observe la escena a partir del punto de vista P. Estas perspectivas pueden ser fotografías de un paisaje real, o pueden ser imágenes de síntesis.

[0066] Las seis perspectivas son luego tratadas por un algoritmo ejecutado por los medios de cálculo 21, para participar en la construcción de la imagen madre 23 proyectada por el proyector 2. Para eso, los medios de cálculo utilizan una modelización del entorno tridimensional, que comprende una determinación de las coordenadas, en el referencial vinculado al proyector 2, de puntos del entorno sobre los cuales la imagen madre se proyecta. Esta modelización permite, para cada punto o píxel de la imagen madre 23, una creación de una tabla de correspondencia entre las coordenadas (u, v) del píxel en la imagen madre 23, las coordenadas del punto M_r del entorno tridimensional sobre el cual este píxel está proyectado, y la dirección de la recta D conectando el punto M_r y la posición del observador 22, después de asociar con este píxel el color y la luminosidad de un punto M_v , siendo este punto M_v un punto de una de las seis perspectivas 27 a 32 y situado en la intersección del cubo 33 y a la derecha de la recta D, estando el cubo 33 situado en el entorno 7, 8a, 8b de modo que su centro, es decir el punto de vista P, esté sensiblemente confundido con la posición del observador 22.

[0067] La posición del observador puede estar definida por defecto como la posición del proyector 2, o posiblemente cualquiera y estar definida por un usuario a través de unos medios de entrada o determinada por medios para localizar al observador.

[0068] En un modo de realización, las coordenadas de los puntos del entorno sobre los cuales los puntos de la imagen madre se proyectan están definidas por un usuario, por ejemplo gracias a unos medios de entrada que permiten al consumidor definir las dimensiones de la sala en la cual se encuentra el dispositivo 1, y que permite definir la posición del proyector 2 y del espejo 3 en esta sala.

[0069] En otro modo de realización, la geometría del entorno es conocida por una fuente de información externa, que incluye unos sensores ópticos tales como láser o ultrasonidos.

[0070] Finalmente, en un último modo de realización del procedimiento según la invención, la modelización del entorno comprende:

- Una proyección, realizada por el proyector, de una imagen madre de modelización que comprende por lo menos un punto de modelización;
- Un reflejo de la imagen madre de modelización a través del espejo 3.
- Una proyección sobre el entorno tridimensional de la imagen madre de modelización reflejada a través del espejo 3; y
- Una adquisición de al menos una imagen del entorno adquirida para la modelización; estas imágenes del entorno se adquieren preferentemente para distintas posiciones angulares de la cámara 4 alrededor del eje de rotación 6; y
- Para cada punto de modelización y para cada imagen del entorno adquirida para la modelización:
 - Una asociación del punto de modelización con un punto de la imagen del entorno adquirida para la modelización; este punto de la imagen del entorno convierte en imágenes un primer punto del entorno 34 sobre el cual se proyecta el punto de modelización,
 - Un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz 15 que proviene del punto de modelización, reflejado por el espejo, y proyectado sobre el primer punto del entorno,

- Un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz 20 que proviene del primer punto del entorno 34 y imágenes convertido en imágenes por el punto de la imagen del entorno adquirida para la modelización, y
- Un cálculo de una intersección de la trayectoria del rayo de luz 15 que proviene del punto de modelización y de la trayectoria del rayo de luz 20 que proviene del primer punto del entorno 34, siendo las coordenadas del punto de intersección entre estas dos trayectorias, las coordenadas del primer punto del entorno.

[0071] Gracias a varios puntos de modelización, obtenemos las coordenadas de varios primeros puntos del entorno.

[0072] Las trayectorias calculadas son simples, porque están compuestas por rectas o por porciones de rectas en el caso de la óptica geométrica. Los cálculos de trayectoria dependen de los parámetros de cálculo, que serán descritos en adelante con más detalle.

[0073] En la práctica, debido a las posibles imperfecciones del conocimiento de estos parámetros de cálculo, la trayectoria calculada por el rayo de luz 15 que proviene del punto de modelización y la trayectoria calculada por el rayo de luz 20 que proviene del primer punto del entorno no se entrelazan, sino que están muy próximas a un lugar. Por aproximación, las coordenadas de la mitad del segmento más corto que conecta estas dos trayectorias están consideradas como las coordenadas del punto de intersección entre estas dos trayectorias.

[0074] Por lo tanto, la modelización permite, para cada punto de modelización de coordenadas (u, v) sobre la imagen madre 23, y por tanto por extensión para cada píxel de coordenadas (u, v) sobre la imagen madre 23, crear la tabla de correspondencia entre las coordenadas (u, v) de este punto de modelización o píxel, las coordenadas del primer punto del entorno 34 (o Mr) sobre el cual está proyectado este punto de modelización o píxel, y la dirección de la recta D conectando este punto de modelización 34 y la posición del observador 22. Todas estas coordenadas y direcciones son expresadas preferentemente en el referencial del proyector 2.

[0075] La asociación puede realizarse por ejemplo no proyectando ninguna imagen madre, observando la cámara una imagen del entorno neutro, y proyectando una imagen madre que comprende un único punto de modelización, observando la cámara otra imagen del entorno correspondiente a la imagen neutra a la cual se añade la señal del punto de modelización reflejada por el espejo, proyectada sobre el entorno, y reemitida hacia la cámara. En una variante, la asociación puede realizarse por ejemplo proyectando una imagen madre que comprende varios puntos de modelización distribuidos según una distribución particular, de modo que una imagen del entorno adquirida para la modelización incluya varios puntos que reproduzcan en parte casi totalmente o al menos en parte, dicha distribución; por lo tanto, cada uno de estos puntos de la imagen del entorno puede unirse fácilmente a uno de los puntos de modelización.

[0076] Cuanto mayor sea la densidad de los puntos de modelización sobre la imagen madre, mejor será la resolución de la modelización del entorno tridimensional. Si para la modelización, cada imagen madre comprende sólo un punto de modelización, la modelización comprenderá unas proyecciones sucesivas de imágenes madres que tienen cada una un punto de modelización diferente y la resolución de la modelización aumentará con el número de imágenes madres sucesivas proyectadas.

[0077] Preferentemente, las imágenes del entorno adquiridas para la modelización se realizan para distintas posiciones angulares próximas a la cámara. En efecto, una sola imagen del entorno no convierte en imágenes necesariamente todos los puntos del entorno sobre los cuales se proyectan todos los puntos de modelización. Estas posiciones angulares próximas están repartidas sobre 360 grados alrededor del eje de rotación, de modo que dos imágenes adquiridas para dos posiciones angulares próximas convierten en imágenes una parte común del entorno tridimensional. Así pues, la modelización permite modelizar sobre 360 grados alrededor del eje de rotación 6, y permite por tanto modelizar la totalidad del entorno tridimensional, o prácticamente todo entorno en caso de que existan ángulos muertos.

[0078] Así pues, las coordenadas tridimensionales de los puntos del entorno sobre los cuales la imagen madre se proyecta pueden obtenerse en el referencial vinculado al proyector 2 procediendo por triangulación entre el espejo 3 por un lado y la cámara 4 por el otro. En efecto, un conocimiento de los parámetros del dispositivo 1 permitirá calcular las ecuaciones de las trayectorias de los rayos que provienen del espejo 3 y las ecuaciones de las trayectorias de los rayos captados por la cámara, y el cálculo de sus intersecciones. El entorno tridimensional puede estar por lo tanto totalmente modelizado, ya sea por una aproximación no estructurada de tipo nube de puntos de modelización, o por una aproximación de tipo malla. Este último caso supone proyectar puntos de modelización con una manera ordenada para saber cómo conectar los puntos del entorno 34 obtenidos. Es también posible analizar una nube de puntos del entorno para reconocer porciones de plano u otras formas geométricas.

[0079] Como se ha dicho anteriormente, los cálculos de la trayectoria son simples cálculos de óptica geométrica que dependen de los parámetros de cálculo. Estos cálculos se efectúan preferentemente en el referencial del proyector 2.

[0080] Por ejemplo, el cálculo de la trayectoria de un rayo de luz 15 que proviene de un punto de modelización, reflejado por el espejo, y proyectado sobre el primer punto del entorno 34, depende particularmente de los parámetros siguientes:

- 5 - la posición del punto de modelización sobre la matriz 9; este punto comprende preferentemente un único píxel, o puede comprender un grupo de píxeles unidos,
- la dimensión de la matriz 9 y la resolución en píxeles de la matriz 9,
- la posición relativa de la matriz 9 con relación al objetivo 10; en particular, el eje de proyección 11 y el eje óptico 13 del objetivo 10 pasan por el medio de la matriz 9, pero es posible que exista una ligera desviación o inclinación entre este centro y estos ejes 11, 13; dicha desviación e inclinación deben ser conocidas o estimarse.
- 10 - la distancia focal del objetivo 10,
- las distorsiones o aberraciones ópticas del objetivo 10,
- la geometría y las dimensiones del espejo 3,
- la posición relativa del proyector 2 con respecto al espejo 3, particularmente la distancia y la alineación entre el proyector 2 y el espejo 3; en efecto, el eje de proyección 11 y el eje de revolución 12 son sensiblemente confundidos, pero es posible que exista una ligera desviación y/o una inclinación entre estos dos ejes 11, 12; dicha desviación e inclinación deben ser conocidas o estimarse.

[0081] Igualmente, el cálculo de la trayectoria de un rayo de luz 20 que proviene del primer punto del entorno 34 depende particularmente de los parámetros siguientes:

- la distancia focal de la cámara 4,
- para el sensor de la cámara, las dimensiones y la resolución del sensor sobre el cual el entorno tridimensional se convierte en imágenes,
- 25 - las distorsiones o las aberraciones ópticas de la cámara 4,
- la posición relativa de la cámara con relación al proyector 2 durante la adquisición de la primera imagen; la posición angular de la cámara 4 debe ser conocida y el paso de rotación de la cámara alrededor de su eje 6 puede por ejemplo ser deducido del paso del motor que sirve para la rotación de la cámara; además, el eje de proyección 11 y el eje de rotación 6 pueden confundirse, pero es posible que exista una ligera desviación y/o una inclinación entre estos dos ejes 11, 6; ; dicha desviación e inclinación deben ser conocidas o estimarse.

[0082] Para poder realizar la fase de modelización descrita anteriormente, todos estos parámetros deben ser conocidos. Algunos de estos parámetros pueden ser memorizados por medios de memorización. Por ejemplo, las distancias focales, las dimensiones y las resoluciones de la cámara y de la matriz 9 pueden ser suministradas por un constructor. Las distorsiones o las aberraciones de la cámara o del objetivo 10 pueden ser conocidas por ejemplo por medio de visores.

[0083] Sin embargo, puede ser necesario medir las posiciones relativas del espejo 3, de la cámara 4, y del movimiento de rotación de la cámara con relación al proyector 2. En efecto, un consumidor puede realizar alineaciones aproximadas de los ejes de rotación 6, de proyección 11 y de revolución 12.

[0084] Sin embargo, la precisión de estas alineaciones es en general insuficiente para conocer las transformaciones entre los referenciales vinculados al proyector, al espejo y a la cámara, y es por tanto insuficiente para realizar correctamente los cálculos de la trayectoria.

[0085] El procedimiento según la invención comprende por lo tanto una optimización o un calibrado de los parámetros de cálculo.

[0086] El principio general de calibrado consiste en proyectar sobre el entorno tridimensional unos puntos de calibrado con posiciones conocidas en la imagen madre, y en deducir algunos de los parámetros a partir de las coordenadas de las proyecciones de los puntos de calibrado en una imagen adquirida por la cámara para una posición angular conocida. Los puntos de calibrado pueden estar repartidos sobre la imagen madre en forma de una nube de puntos o en forma de líneas. El calibrado no necesita en ningún momento coordenadas tridimensionales de los puntos del entorno sobre los cuales los puntos de calibrado están proyectados, lo que lo hace independiente de la geometría del entorno tridimensional. No se trata tampoco de detectar puntos característicos del entorno tal y como lo hacen los métodos clásicos de calibrado en estereovisión, sino de utilizar el proyector 2 para crearlas.

[0087] Esto presenta la ventaja de poder proyectar puntos de calibrado lo suficientemente contrastados, como por ejemplo unos puntos de calibrado claros sobre fondo oscuro, para poder ser detectados por la cámara sea cual sea la naturaleza de los materiales del entorno. Un procedimiento de imágenes sustraídas permite aumentar el contraste del dispositivo 1 de modo muy significativo, librándose de diferencias de materiales y de luz ambiente del entorno. El procedimiento de imágenes sustraídas comprende normalmente una sustracción, a una imagen adquirida por la cámara durante la proyección de una imagen madre que comprende puntos de calibrado, de una imagen adquirida por la cámara durante la proyección de una imagen madre que no comprende puntos de calibrado. Para ello, la

cámara incluye unos medios de control automático de aumento, para quedarse en la gama de linealidad del sensor de la cámara evitando las saturaciones que penalizan la sustracción.

5 **[0088]** El calibrado comprende por lo tanto una proyección de una imagen madre que comprende al menos un punto de calibrado, y una adquisición por lo menos de una imagen del entorno adquirida para el calibrado.

10 **[0089]** Las imágenes del entorno adquiridas para el calibrado pueden comprender al menos una pareja de imágenes diferentes pero que convierten en imágenes una parte común del entorno, al comprender un primer tipo de calibrado para cada punto de calibrado y para cada pareja de imágenes:

- 15 - una asociación del punto de calibrado con un punto de la primera imagen de la pareja y con un punto de la segunda imagen de la pareja; el punto de la primera imagen de la pareja y el punto de la segunda imagen de la pareja convierten en imágenes un segundo punto del entorno sobre el cual se proyecta el punto de calibrado,
- un cálculo de una posición teórica del punto de la segunda imagen de la pareja, a partir de la posición del punto de la primera imagen de la pareja, y de los parámetros de cálculo,
- 20 - un cálculo de una distancia entre la posición del punto de la segunda imagen de la pareja y de la posición teórica de este punto de la segunda imagen de la pareja.

Esta secuencia de fases es seguida por una modificación de al menos uno de los parámetros de cálculo, y un nuevo cálculo de las posiciones teóricas, para minimizar la suma, sobre todos los puntos de calibrado, de las distancias entre la posición del punto de la segunda imagen de la pareja y la posición teórica de este punto de la segunda imagen de la pareja.

25 **[0090]** Así pues, a partir de adquisiciones de imágenes para diferentes posiciones angulares de la cámara, estas imágenes que convierten en imágenes a los puntos del entorno regularmente repartidos en el entorno tridimensional, y explotando una redundancia de los puntos del entorno entre dos imágenes consecutivas, podremos optimizar los parámetros de cálculo minimizando la distancia cuadrática entre los puntos de una imagen adquirida por la cámara y la posición teórica de los puntos de una imagen sucesiva después de la rotación.

30 **[0091]** Este primer tipo de calibrado permite, en particular, optimizar parámetros de distorsión de la cámara, y parámetros de transformación rígida del referencial de la cámara 4 con relación al referencial del eje de rotación 6, tal y como el ángulo entre el eje óptico de la cámara 4 y el eje de rotación 6.

35 **[0092]** Un segundo tipo de calibrado puede comprender, para cada punto de calibrado y para cada imagen del entorno adquirida para el calibrado:

- 40 - un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del punto de calibrado, reflejado por el espejo, y proyectado sobre un tercer punto del entorno,
- un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno y convertido en imágenes por un punto de la imagen del entorno adquirida para el calibrado,
- un cálculo de una distancia entre la trayectoria del rayo de luz proyectado sobre el tercer punto del entorno y la trayectoria del rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno.

45 Esta secuencia de fases está seguida por una modificación de al menos uno de los parámetros de cálculo, y de nuevos cálculos de las trayectorias de los rayos que provienen de los puntos de calibrado y de las trayectorias de los rayos llenados de imágenes por puntos de al menos una imagen del entorno adquirida para calibrado, para minimizar la suma, sobre todos los puntos de calibrado, de las distancias entre la trayectoria del rayo de luz proyectado sobre el tercer punto del entorno y la trayectoria del rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno.

50 **[0093]** Es decir maximizamos, sobre todos los puntos de calibrado, el número de intersecciones entre la trayectoria del rayo de luz proyectado sobre el tercer punto del entorno y la trayectoria del rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno.

55 **[0094]** Este segundo tipo de calibrado permite optimizar en particular valores para:

- 60 - parámetros de transformación rígida entre el referencial del espejo 3 y el referencial del proyector 2, como por ejemplo la distancia entre el espejo y el proyector, y una desviación o una inclinación entre el eje de revolución 12 del espejo y el eje de proyección 11;
- parámetros de transformación rígida entre el referencial del eje de rotación 6 de la cámara 4, y el referencial del proyector 2, como por ejemplo la distancia entre la cámara 4 y el eje de proyección 11, la inclinación entre el eje óptico de la cámara 4 y el eje de proyección 11, y una desviación o una inclinación entre el eje de rotación 6 y el eje de proyección 11.

[0095] Para el primer y el segundo tipo de calibrado, cuanto mayor sea el número de puntos de calibrado sobre la imagen madre, mejor será la optimización de los parámetros.

5 **[0096]** Finalmente, el procedimiento según la invención puede comprender una medida de al menos una característica radiométrica del entorno tridimensional, y una corrección de la imagen madre en función de una característica radiométrica medida. La corrección puede comprender una corrección colorimétrica o en intensidad de la imagen madre. Así pues, la asociación del proyector y de la cámara permite una comparación del color y de la intensidad reflejados por el entorno tridimensional con un color y una intensidad esperadas para la proyección de la imagen madre sobre el entorno tridimensional. Esto permite incluir la restitución de los colores por el entorno, y
10 asegurar la fidelidad de la proyección de la imagen madre sobre el entorno con relación a la escena que ha servido de base de construcción para la imagen madre.

[0097] Por supuesto, la invención no se limita a los ejemplos que han sido descritos y se pueden realizar numerosas aportaciones a estos ejemplos sin salirse del marco de la invención.
15

[0098] En concreto, los ejes de rotación 6, de proyección 11, de revolución 12 y el eje óptico 13 pueden no estar confundidos. Los cálculos de las trayectorias de los rayos de luz emitidos por el proyector y las trayectorias de los rayos de luz emitidos por los puntos del entorno son más complejos, porque deben tomar en consideración importantes desviaciones y/o inclinaciones entre estos ejes, siendo la modelización del entorno tridimensional y la construcción de la imagen madre siendo por lo tanto más complejas.
20

[0099] Asimismo, la superficie convexa del espejo 3 no tiene forzosamente una forma de porción de esfera y esta forma de porción de esfera devuelve la resolución vertical del dispositivo 1 inhomogéneo. En efecto, en el dispositivo 1 que ha sido descrito, cuanto más se aleja un píxel del centro de la matriz 9, más importante es la porción del espejo que refleja los rayos de luz 14 a 16 emitidos por este píxel, y más grande es la medida del punto del entorno sobre el cual se proyecta este rayo. Utilizamos por tanto un perfil de espejo 3 que tiende a homogeneizar la resolución vertical del dispositivo 1 con relación a un espejo esférico.
25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de proyección, que comprende:

- 5 - una proyección de una imagen madre (23) a lo largo de un eje de proyección (11),
 - un reflejo de al menos una parte de la imagen madre realizado por un espejo convexo (3),
 - una proyección sobre un entorno tridimensional (7, 8a, 8b) de la imagen madre reflejada por el espejo convexo,
 - una adquisición de al menos una imagen del entorno tridimensional,
 - una modelización del entorno tridimensional a partir de al menos una imagen del entorno tridimensional, y
 10 **caracterizado porque** comprende además:
 - una construcción de la imagen madre en función de una posición de un observador (22) y de la modelización del entorno tridimensional, de modo que el observador que observa desde su posición la proyección de la imagen madre sobre el entorno observe una escena a partir de un punto de vista virtual (P).

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la adquisición de una imagen comprende:

- un posicionamiento de una cámara (4) a una posición angular alrededor de un eje de rotación (6), y
 - una adquisición de una imagen del entorno para esta posición angular de la cámara, a partir de rayos de luz (20) emitidos por el entorno tridimensional.

20 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** la imagen madre comprende al menos un punto de modelización; la adquisición de imagen comprende una adquisición de al menos una imagen del entorno adquirida para la modelización; la modelización incluye cada punto de modelización y cada imagen del entorno adquirida para la modelización:

- 25 - un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz (15) que proviene del punto de modelización, reflejado por el espejo, y proyectado sobre un primer punto del entorno,
 - un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz (20) que proviene del primer punto del entorno (34) y convertido en imágenes por un punto de la imagen del entorno adquirida para la modelización, y
 30 - un cálculo de una intersección de la trayectoria del rayo de luz (15) que proviene del punto de modelización y de la trayectoria del rayo de luz (20) que proviene del primer punto del entorno (34).

35 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** los cálculos de trayectorias dependen de parámetros de cálculo, **porque** comprende un calibrado de los parámetros, **porque** la imagen madre comprende al menos un punto de calibrado, y **porque** la adquisición de imagen comprende una adquisición de al menos una imagen del entorno adquirida para el calibrado.

40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** las imágenes del entorno adquiridas para el calibrado comprenden al menos una pareja de imágenes diferentes pero que convierten en imágenes una parte común del entorno, puesto que el calibrado incluye cada punto de calibrado y cada pareja de imágenes:

- 45 - una asociación del punto de calibrado con un punto de la primera imagen de la pareja y con un punto de la segunda imagen de la pareja, el punto de la primera imagen de la pareja y el punto de la segunda imagen de la pareja convierten en imágenes un segundo punto del entorno sobre el cual es proyectado el punto de calibrado,
 - un cálculo de una posición teórica del punto de la segunda imagen de la pareja, a partir de la posición del punto de la primera imagen de la pareja, y los parámetros de cálculo.

50 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el calibrado comprende además una modificación de al menos uno de los parámetros de cálculo, para minimizar la suma, sobre todos los puntos de calibrado, de las distancias entre la posición del punto de la segunda imagen de la pareja y la posición teórica de este punto de la segunda imagen de la pareja.

55 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** el calibrado incluye cada punto de calibrado y cada imagen del entorno adquirida para el calibrado:

- un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz nacido del punto de calibrado, reflejado por el espejo, y proyectado sobre un tercer punto del entorno,
 60 - un cálculo de la trayectoria de un rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno y convertido en imágenes por un punto de la imagen del entorno adquirida para el calibrado.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el calibrado comprende además una modificación de al menos uno de los parámetros de cálculo, para minimizar la suma, sobre todos los puntos de calibrado, de las

distancias entre la trayectoria del rayo de luz proyectado sobre el tercer punto del entorno y la trayectoria del rayo de luz que proviene del tercer punto del entorno.

- 5 **9.** Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la posición del observador está definida por defecto como la posición del proyector (2).
- 10.** Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la posición del observador está determinada por medios para localizar al observador.
- 10 **11.** Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el espejo proyecta la imagen madre en un ángulo sólido superior a 2π estereorradianes, ligeramente inferior a 4π estereorradianes.
- 15 **12.** Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el espejo proyecta la imagen madre en un ángulo superior a 180 grados alrededor del eje de proyección (11), sensiblemente igual a 360 grados alrededor del eje de proyección.
- 13.** Dispositivo (1) de proyección, que incluye:
- 20 - un proyector (2) colocado para proyectar una imagen madre (23) a lo largo de un eje de proyección (11),
- un espejo convexo (3) colocado para reflejar por lo menos en parte la imagen madre y proyectarla sobre un entorno tridimensional (7, 8a, 8b),
- 25 - medios (4, 5) para adquirir al menos una imagen del entorno tridimensional,
- medios (21) para modelizar el entorno tridimensional al menos a partir de una imagen del entorno, y **caracterizado porque** comprende además:
- medios (21) para construir la imagen madre una función de una posición de un observador (22) y de una modelización del entorno tridimensional, de modo que el observador que observa desde su posición una proyección de la imagen madre sobre el entorno observe una escena a partir de un punto de vista virtual (P).
- 30 **14.** Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado porque** los medios de adquisición están colocados para adquirir al menos una imagen del entorno a partir de rayos de luz (20) emitidos por el entorno y reflejados por el espejo.
- 35 **15.** Dispositivo según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado porque** los medios de adquisición incluyen una cámara (4), y unos medios de rotación (5) de la cámara alrededor de un eje de rotación (6).

Fig.1

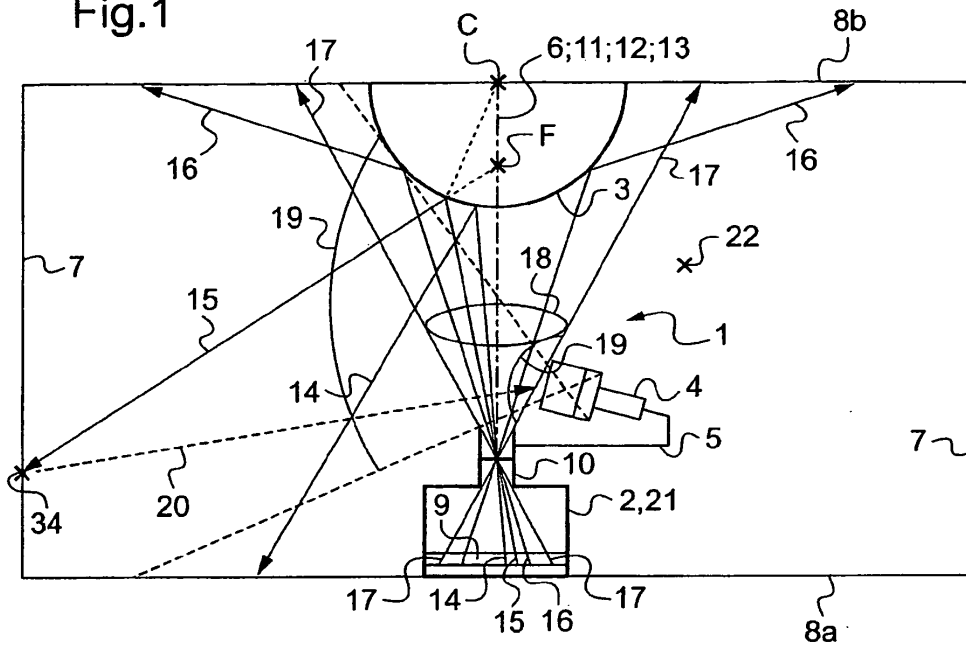


Fig.2

