

DISPOSITIVO DE VISUALIZACIÓN POR BARRIDO MEDIANTE SISTEMA MICROELECTROMECAÁNICO

Antecedentes de la invención

Algunos dispositivos de visualización emplean el barrido de fuente luminosa para producir imágenes visibles. En un ejemplo, el láser luminoso se refleja mediante un sistema de espejos de barrido en diferentes ángulos para barrer el láser a través de los píxeles de una imagen proyectada. El control de color y/o intensidad de la luz en cada píxel permite proyectar la imagen.

Breve descripción de la invención

Se divulgan los ejemplos relacionados con los sistemas de visualización de imágenes por barrido montados en la cabeza. En un ejemplo, un sistema de visualización por barrido montado en la cabeza incluye una fuente luminosa, un sensor de movimiento, un sistema de espejos de barrido configurado para barrer la luz de la fuente luminosa a lo largo de al menos una dimensión para formar una imagen, y un controlador configurado para controlar el sistema de espejos de barrido para barrer la luz para formar la imagen, recibir los datos de movimiento de la cabeza desde el sensor de movimiento y ajustar uno o más de una velocidad de barrido y un desfase entre un primer fotograma y un segundo fotograma de la imagen de acuerdo con los datos de movimiento de la cabeza. Se proporciona esta “breve descripción de la invención” para introducir una selección de conceptos de una manera simplificada que además se describen más adelante en la “descripción detallada de la invención”. Esta “breve descripción de la invención” no intenta identificar características clave o características esenciales de la materia objeto reclamada, ni intenta usarse para limitar el alcance de la materia objeto reclamada. Además, la materia objeto reivindicada no se limita a implementaciones que resuelvan cualquiera o todas las desventajas observadas en cualquier parte de esta divulgación.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de visualización por barrido por un sistema microelectromecánico montado en la cabeza ejemplar.

La figura 2 muestra un diagrama de trazo de láser ejemplar.

La figura 3 muestra otro diagrama de trazo de láser ejemplar.

La figura 4 muestra una matriz de láser ejemplar en una primera orientación giratoria.

La figura 5 muestra la matriz de láser ejemplar de la figura 4 en una segunda orientación giratoria.

La figura 6 muestra otro diagrama de trazo de láser ejemplar.

La figura 7 muestra otro diagrama de trazo de láser ejemplar.

La figura 8 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplar para ajustar dinámicamente uno o más parámetros operativos de un dispositivo de visualización por barrido montado en la cabeza.

La figura 9 muestra un diagrama de bloques de otro dispositivo de visualización por barrido montado en la cabeza ejemplar.

La figura 10 muestra un diagrama de bloques de otro dispositivo de visualización por barrido montado en la cabeza ejemplar.

La figura 11 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo informático ejemplar.

Descripción detallada de la invención

Tal como se describió anteriormente, algunos dispositivos de visualización emplean el barrido de fuente luminosa para producir imágenes visibles. En un ejemplo, el láser luminoso se refleja mediante un sistema de espejos en diferentes ángulos para proyectar el láser luminoso reflejado a través de un campo de visión (FOV, por sus siglas en inglés). Para lograr un intervalo angular de reflexión, un accionador adecuado como un accionador del sistema microelectromecánico (MEMS, por sus siglas en inglés) puede hacer girar el sistema de espejos.

Un accionador de MEMS puede hacer girar un sistema de espejos en direcciones horizontal y vertical para producir imágenes visibles en un FOV bidimensional. Para este fin, el sistema de espejos puede incluir un solo espejo accionado en direcciones horizontal y vertical, o dos espejos accionados por separado en direcciones horizontal y vertical. Pueden emplearse diferentes velocidades de barrido en las direcciones horizontal y vertical. En un sistema de dos espejos, por ejemplo, un espejo barrido horizontalmente puede manejarse a una velocidad relativamente rápida (por ejemplo, ~10 kHz), mientras un espejo barrido verticalmente puede manejarse a una velocidad relativamente más lenta (por ejemplo, ~60 Hz). Las velocidades de barrido horizontal y vertical pueden determinar al menos parcialmente la resolución de las imágenes generadas a estas velocidades, junto con otros factores como la apertura del espejo (por ejemplo, diámetro) y el ángulo de barrido.

Sin embargo, la tecnología de MEMS actual establece un límite superior en las velocidades de barrido del espejo, limitando a su vez la resolución de visualización. Como ejemplo, una velocidad de barrido horizontal de 27 kHz combinada con una velocidad de barrido vertical de 60 Hz puede producir una resolución vertical de 720p. Pueden desearse resoluciones verticales significativamente más altas (por ejemplo, 1440p, 2160p), particularmente para implementaciones de visualización cercanas al ojo, donde 720p y resoluciones verticales similares pueden parecer borrosas y de baja resolución. Aunque un aumento en la velocidad de barrido horizontal y/o vertical aumentaría la resolución de visualización, la primera puede no ser tecnológicamente factible mientras la segunda aumenta el consumo de energía. Además, las altas velocidades de barrido pueden restringir al menos parcialmente el ángulo de barrido y apertura de del espejo, donde también se desean valores mayores. Además, la compatibilidad con una resolución más alta también puede requerir un tamaño de espejo más grande debido al límite de difracción asociado con tamaños de "píxeles" más pequeños. El uso de tal espejo más grande puede aumentar aún más las dificultades para lograr resoluciones más altas con presentaciones de barrido, ya que el espejo más grande conduce a una frecuencia de barrido más baja.

Por lo tanto, se divulgan ejemplos para un dispositivo de visualización por barrido mediante

MEMS con base en láser configurado para la salida de alta resolución. Tal como se describe a continuación, un modo entrelazado para la operación de múltiples láseres puede combinarse con velocidades de barrido variables y/o desfases entre fotogramas entrelazados para lograr el espaciado deseado entre la salida del láser, lo cual a su vez produce el espaciado y resolución de píxeles de imagen deseados. El uso de múltiples láseres permite barrer múltiples líneas por intervalo de espejo, lo cual permite lograr una resolución más alta sin aumentar las frecuencias de barrido de espejo, y también permite utilizar espejos más grandes, lo cual puede ayudar a evitar problemas con el tamaño de píxel impuesto por los límites de difracción. Además, se divulgan los ejemplos en los cuales la salida de un sensor de seguimiento ocular se utiliza para alterar dinámicamente el espaciado de salida de láser con base en la dirección de mirada del usuario.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de visualización 100 ejemplar, mostrado como un dispositivo de visualización por barrido mediante MEMS con base en láser. El dispositivo de visualización 100 comprende una fuente luminosa 102 que, tal como se describe con más detalle posteriormente con referencia a las figuras 4 y 5, puede adoptar cualquier forma adecuada (por ejemplo, uno o más láseres de estado sólido), y pueden emitir luz de una o más longitudes de onda (por ejemplo, luz en intervalos de longitud de onda rojo, verde y/o azul). La fuente luminosa 102 emite luz para su recepción por un primer espejo 104, que refleja la luz recibida desde la fuente luminosa hacia un segundo espejo 106. El primer espejo 104 puede configurarse para barrer en una dirección horizontal (por ejemplo, eje x), mientras el segundo espejo 106 puede configurarse para barrer en una dirección vertical (por ejemplo, eje y), de modo que la luz se proyecte finalmente a través de un FOV bidimensional y forme imágenes visibles. En otros ejemplos, el primer espejo puede barrer verticalmente y el segundo espejo puede barrer horizontalmente.

La figura 1 muestra el reflejo de la luz desde el segundo espejo 106 hacia una salida 108 donde se forman las imágenes visibles. La salida 108 puede adoptar cualquier forma adecuada, como una superficie de visualización, óptica de proyección, óptica de guía de onda, etcétera. Como ejemplos, el dispositivo de visualización 100 puede configurarse como un dispositivo de visualización montado en la cabeza (HMD, por sus siglas en inglés) de realidad virtual con la salida 108 configurada como superficie opaca, o como un dispositivo HMD de realidad mixta con la salida configurada como una superficie parcialmente transparente a través de la cual las imágenes correspondientes al entorno físico circundante pueden transmitirse y combinarse con láser luminoso. El dispositivo de visualización 100 puede adoptar otras formas adecuadas, como la de un visualizador frontal, pantalla de dispositivo móvil, monitor, televisor, etcétera.

Para permitir la generación de las imágenes deseadas, un accionador 110 impulsa por separado el primer y segundo espejo 104 y 106. En un ejemplo, el accionador 110 hace girar el primer espejo 104 en dirección horizontal a una primera velocidad relativamente más rápida (por ejemplo, 27 kHz, 35 kHz), y el segundo espejo 106 en la dirección vertical a una segunda velocidad relativamente más lenta (por ejemplo, 60 Hz, 120 Hz). La segunda velocidad puede ajustarse de manera que el segundo espejo 106 se barra verticalmente de manera continua, mientras en otros ejemplos el barrido vertical puede llevarse

a cabo por etapas, de modo que el segundo espejo tenga una velocidad vertical sustancialmente igual a cero antes de completar una línea de barrido horizontal, y no sea cero una vez completada una línea de barrido horizontal para cambiar así a una línea de barrido horizontal posterior. Los espejos 104 y 106 pueden adoptar cualquier forma adecuada, como la de un espejo accionado mediante MEMS (por ejemplo, accionado de manera piezoeléctrica resonante).

En algunas implementaciones, el dispositivo de visualización 100 puede comprender, además, un sensor de seguimiento ocular 112 operable para detectar la dirección de la mirada de un usuario del dispositivo de visualización. La dirección de la mirada puede asignarse a una región en el espacio de visualización para determinar una ubicación en la salida 108 donde un usuario dirige su mirada. Tal como se describe más adelante, con más detalle y con referencia a la figura 3, uno o más parámetros operativos (por ejemplo, velocidad de barrido vertical, compensación de fase) del dispositivo de visualización 100 pueden cambiarse en respuesta a una ubicación determinada de la mirada. El sensor 112 puede adoptar cualquier forma adecuada. Como ejemplo, el sensor 112 puede comprender una o más fuentes luminosas (por ejemplo, fuentes de luz infrarroja) configuradas para hacer que un destello luminoso se refleje desde la córnea de cada ojo de un usuario, y uno o más sensores de imagen capturen las imágenes de los ojos del usuario, incluidos los destellos.

En algunos ejemplos, el dispositivo de visualización 100 puede comprender además un sensor de movimiento 113 operable para detectar el movimiento del dispositivo de visualización, por ejemplo, que se produce a partir del movimiento de la cabeza de un usuario. Tal como se describe más adelante, con más detalle y con referencia a la figura 8, uno o más parámetros operativos (por ejemplo, velocidad de barrido vertical, desfase) del dispositivo de visualización 100 pueden cambiarse en respuesta al movimiento detectado. El sensor de movimiento 113 puede adoptar cualquier forma adecuada. Como ejemplo, el sensor de movimiento 113 puede comprender uno o más acelerómetros, giroscopios y/o magnetómetros.

El dispositivo de visualización 100 comprende, además, un controlador 114 para efectuar los métodos descritos en el presente documento. El controlador 114 puede controlar la operación de los láseres 102 (por ejemplo, frecuencia, intensidad, ciclo de trabajo) y/o el primer y/o segundo espejo 104 y 106. El controlador 114 puede recibir la salida desde el sensor de seguimiento ocular 112 y/o sensor de movimiento 113, y también puede ajustar la operación de los láseres, primer espejo y/o segundo espejo con base en la salida del sensor de seguimiento ocular y/o salida del sensor de movimiento.

El dispositivo de visualización 100 puede comprender elementos alternativos o adicionales no mostrados en la figura 1. Por ejemplo, uno o más elementos ópticos (por ejemplo, colimador, difusor, combinador, lente convergente, lente divergente, elemento holográfico) pueden colocarse en la ruta óptica a lo largo de la cual se desplaza el láser luminoso para lograr las características de visualización deseadas. El dispositivo de visualización 100 puede incluir, además, una fuente de alimentación adecuada (por ejemplo, batería, fuente de alimentación) para proporcionar energía eléctrica a los elementos activos del dispositivo de visualización. Además, se contemplan diversas modificaciones al dispositivo de visualización 100, como la inclusión de un único espejo en lugar del primero y segundo

espejo 104 y 106, donde el único espejo se barre tanto en dirección horizontal como vertical.

La figura 2 muestra un diagrama de trazo de láser 200 ejemplar. El diagrama 200 ilustra, la salida óptica que puede producir el dispositivo de visualización 100 de la figura 1, por ejemplo. Se muestran cuatro trazos de láser correspondientes a la salida de dos láseres en dos fotogramas diferentes, que pueden estar sucesivamente entrelazados. Cada trazo corresponde a la luz producida en el espacio de visualización en un FOV 201, por ejemplo, en la salida 108 de la figura 1. Por lo tanto, la porción de un trazado de láser entre puntos de giro sucesivos, como los puntos de giro 202A y 202B, puede corresponder a una fila horizontal de píxeles de imagen percibidos delineada por ese trazo de láser. En algunos ejemplos, los puntos de giro pueden estar fuera del fotograma de imagen.

Tal como se indica en una leyenda 204, el diagrama 200 muestra un trazo de un primer láser en un primer fotograma, un trazo de un segundo láser en el primer fotograma, un trazo del primer láser en un segundo fotograma y un trazo del segundo láser en el segundo fotograma. En el primer fotograma, los trazos del primer y segundo láser pueden estar separados verticalmente en el espacio de visualización por una línea. Por lo tanto, los trazos del primer y segundo láser pueden producir luz en los píxeles de imagen verticalmente adyacentes que están alineados en sentido vertical. Como ejemplo, la figura 2 muestra los píxeles de imagen 206A y 206B verticalmente adyacentes y alineados en sentido vertical que pueden generarse por el primer y segundo láser en el primer fotograma.

El ejemplo que se muestra en la figura 2 puede corresponder a un método en el cual el barrido del espejo horizontal se logra con un accionador que oscila armónicamente con un movimiento sustancialmente sinusoidal. En consecuencia, los trazos de láser pueden exhibir al menos un movimiento sinusoidal parcial; tal como se muestra en la figura 2, cada trazo láser barre una fila horizontal de píxeles de imagen en un medio intervalo (por ejemplo, π radianes) de una onda sinusoidal, de modo que se barren dos trazos horizontales en un intervalo completo (por ejemplo, 2π radianes) de la onda sinusoidal. El control del espejo vertical permite que estos dos trazos produzcan dos trazos de píxeles de imagen horizontales.

En esta formulación, el entrelazado del primer y segundo fotograma, y otros fotogramas alternativos sucesivos, puede incluir la aplicación de un desfase entre fotogramas alternativos. Como ejemplo, la figura 2 muestra un desfase de π radianes aplicado a las ondas sinusoidales correspondientes entre el primer y segundo fotograma. Al aplicar un desfase entre fotogramas alternativos de esta manera, puede lograrse una distribución más consistente de la luz en todo el FOV 201 y, por lo tanto, imágenes de mayor resolución y consistencia de brillo. Considerando la velocidad de barrido de alta frecuencia empleada por el espejo horizontal en este ejemplo, controlar el comportamiento de barrido del espejo horizontal de alta frecuencia puede plantear dificultades, ya que ajustar la velocidad de barrido puede interrumpir la oscilación armónica. Como tal, el desfase se logra al controlar el espejo vertical de barrido más lento para comenzar a barrer verticalmente antes o después en el período de barrido horizontal, dependiendo del ajuste deseado. Además, al seleccionar una frecuencia alterna suficientemente alta entre fotogramas entrelazados, puede producirse una imagen estable sin centelleo inaceptable donde la luz de ambos fotogramas aparece simultáneamente para los usuarios. Como

ejemplo, cada fotograma puede mostrarse a una frecuencia de barrido vertical de 120 Hz, con una imagen progresiva formada por el primer y segundo fotograma alternativo que se presentan a una frecuencia de barrido vertical de 60 Hz.

Aunque puede lograrse un espaciado de una sola línea (por ejemplo, píxel) en ciertas regiones dentro del FOV 201, un espaciado menos deseable puede dar como resultado otras regiones dentro del FOV. En el ejemplo mostrado en la figura 2, un alto grado de superposición da como resultado la salida de cada láser en el primer fotograma y el mismo láser correspondiente en el segundo fotograma dentro de ángulos horizontales cercanos a 0 grados en FOV 201. En contraste, se logra un espaciado de una sola línea más deseable hacia los bordes de FOV 201, por ejemplo, entre ángulos horizontales de ± 15 y ± 30 grados. Una variación indeseable en la resolución y el brillo puede resultar a partir de tal variación en el espaciado entre líneas en todo el FOV 201. Para abordar tal variación, el desfase entre fotogramas alternativos se puede ajustar al ajustar el espejo de barrido vertical.

La figura 3 muestra un diagrama de trazo de láser 300 ejemplar producido con un desfase de $\pi/2$ radianes entre fotogramas alternativos. En contraste con el diagrama de trazo de láser 200 de la figura 2, producido con un desfase de π radianes, la figura 3 ilustra cómo el uso de una compensación de $\pi/2$ radianes produce un espaciado entre líneas en otras regiones dentro del FOV 201, como en ángulos horizontales cercanos a 0 grados. El espaciado menos deseable y la superposición de la salida del láser dan como resultado ángulos horizontales hacia los bordes del FOV 201, por ejemplo, entre ángulos de ± 15 y ± 30 grados.

Los diagramas de trazo de láser mostrados en las figuras 2 y 3 ilustran cómo el ajuste del desfase entre fotogramas alternativos en la salida entrelazada y barrida con láser genera el espaciado deseado entre líneas y píxeles de imagen en diferentes regiones de un FOV en el espacio de visualización. Este método puede extenderse al uso de cualquier conjunto adecuado de desfases para lograr el espaciado entre líneas deseado en cualquier región de un FOV. Además, el ajuste de desfase puede emplearse dinámicamente durante la operación de un dispositivo de visualización para lograr el espaciado entre líneas deseado en regiones donde un usuario dirige su mirada, por ejemplo, entre el final de un fotograma y el comienzo de un fotograma subsiguiente durante un intervalo vertical en blanco. Por ejemplo, con referencia a la figura 1, el controlador 114 puede utilizar la salida del sensor de seguimiento ocular 112 que indica la dirección de la mirada del usuario para determinar una región dentro de un FOV de la salida 108 donde el usuario dirige su mirada. El controlador 114 puede entonces seleccionar un desfase en respuesta a esta determinación para lograr un espaciado entre líneas deseado en la región donde el usuario dirige su mirada, optimizando así la salida de visualización que percibe el usuario durante la operación del dispositivo de visualización 100. Cualquier nivel adecuado de granularidad puede emplearse en el curso de los desfases de ajuste dinámico. Como ejemplo, un FOV puede dividirse en cuadrantes, con un desfase respectivo asociado con cada cuadrante y utilizado para lograr el espaciado entre líneas deseado en ese cuadrante. Sin embargo, el FOV puede dividirse en cualquier número de regiones adecuado con cualquier geometría adecuada, que puede ser igual o desigual, y regular o irregular. Como otro ejemplo, puede utilizarse una función sustancialmente continua para

correlacionar los puntos de mirada en el FOV para el desfase. La prueba de Monte Carlo, por ejemplo, puede realizarse para determinar un conjunto de correlaciones entre los puntos de mirada y los desfases.

Se entenderá que las figuras 2 y 3 se proporcionan como ejemplos y no pretenden ser limitantes de ninguna manera. Los diagramas de trazo de láser 200 y 300, por ejemplo, pueden representar la salida del láser antes del procesamiento por uno o más elementos ópticos que pueden incluirse en el dispositivo de visualización 100 de la figura 1. Además, puede utilizarse cualquier número entero n adecuado de láseres, donde la resolución vertical de las imágenes es proporcional n , por ejemplo, un aumento en n número de láseres de 2 a 4 duplica la resolución vertical. Incluso puede utilizarse cualquier frecuencia de actualización vertical adecuada, donde los aumentos en la frecuencia de actualización vertical reducen la resolución vertical; por ejemplo, una duplicación de la frecuencia de actualización vertical reduce la resolución vertical a la mitad. Como tal, el número n de láseres y la frecuencia de actualización vertical pueden equilibrarse para lograr la salida de visualización deseada. Aún más, un subconjunto de diagramas 200 y 300 puede seleccionarse como un FOV en el cual se proporcionan imágenes a los usuarios. Por ejemplo, con referencia a la figura 3, se muestra un ejemplo de FOV 302 que omite una porción de los trazos de láser en el diagrama 300. La porción omitida puede corresponder a regiones donde la salida de láser es asimétrica y desalineada verticalmente (como en las extremidades horizontales del diagrama 300), o no deseada. La porción omitida puede designarse como una región de barrido excesivo, donde la salida de láser se desactiva (por ejemplo, al interrumpir el suministro de energía a los láseres).

Pueden utilizarse varias configuraciones de láser para generar espaciados de una sola línea y otras deseadas. Como ejemplo, la figura 4 muestra un ejemplo de matriz de láseres 400 que comprende dos láseres de estado sólido 402 A y 402B. Por ejemplo, los láseres 402A y 402B pueden disponerse en la matriz de láseres 400 mediante procesos litográficos adecuados. En la orientación mostrada en la figura 4, la matriz de láseres 400 está centrada alrededor de un eje x 404 y un eje y 406, que pueden corresponder respectivamente a ejes horizontales y verticales a lo largo de los cuales uno o más espejos (por ejemplo, primer y segundo espejos 104 y 106 de la figura 1) son barridos. Además, los láseres 402 A y 402B se alinean y espacian a lo largo del eje vertical 406 por una distancia de separación vertical 408 medida a lo largo del eje vertical desde el centro de láser al centro de láser. La distancia de separación 408 puede seleccionarse para lograr la operación deseada del láser y evitar problemas no deseados asociados con un espaciado excesivamente estrecho entre los láseres 402A y 402B, como la interferencia térmica. La distancia de separación 408 puede ajustarse, además, a la disposición de elementos estructurales y eléctricos necesarios para formar la matriz de láseres 400 y operar los láseres 402A y 402B, junto con tolerancias mecánicas. Como un ejemplo, la distancia de separación 408 puede ser sustancialmente igual a 15 micras.

Esta y otras distancias de separación vertical, sin embargo, pueden manifestarse en espaciados entre líneas mayores que una línea en el espacio de visualización. Tal como se describe con más detalle posteriormente, pueden seleccionar frecuencias de actualización verticales específicas y/o desfases para compensar y lograr un espaciado de una sola línea.

Puede lograrse un espaciado de una sola línea con la matriz de láseres 400 al hacer girar la matriz de láseres con respecto a la orientación mostrada en la figura 4, y al proporcionar el láser luminoso a un sistema de espejos en la orientación de giro. Con este fin, la figura 5 muestra la matriz de láseres 400 en una orientación de giro con respecto a la orientación mostrada en la figura 4. La orientación de giro se selecciona para lograr una distancia de separación vertical reducida 410 en relación con la distancia de separación vertical 408 de la orientación sin giro. Por ejemplo, la distancia de separación vertical 410 puede ser sustancialmente igual a una micra. De esta manera, puede lograrse un espaciado de una sola línea en el espacio de visualización con la matriz de láseres 400, que puede tener una distancia de separación vertical de 15 micras o similar en la orientación sin giro. Debido a las tolerancias mecánicas, puede producirse un error de giro en la matriz de láseres de giro 400, que puede manifestarse como un error de espaciado entre líneas en el espacio de visualización. Para compensar, la frecuencia de actualización vertical puede ajustarse con un espaciado mecánico conocido entre los láseres 402A y 402B, y una variación térmica caracterizada de la matriz de láseres 400. Como ejemplo, un espaciado entre líneas en el espacio de visualización mayor que una línea puede compensarse al aumentar la frecuencia de actualización vertical a expensas de alguna resolución vertical para lograr el espaciado de una sola línea. Por ejemplo, los diagramas de trazo de láser 200 y 300 de las figuras 2 y 3 pueden producirse mediante una matriz de láseres 400 dispuesta en la orientación girada.

La figura 6 muestra un diagrama de rastreo de láser 600 ejemplar, que incluye trazos de láser de dos láseres en dos fotogramas alternativos, como lo indica una leyenda 602. El diagrama 600 puede representar la salida de láser producida por una matriz de láseres orientada con una separación vertical entre láseres mayor que un espacio que da como resultado una sola línea en el espacio de visualización, tal como la matriz de láseres 400 en la orientación mostrada en la figura 4 con distancia de separación vertical 408 entre los láseres 402A y 402B. En este ejemplo, un perfil sinusoidal adoptado de otra manera por los trazos de láser se distorsiona debido a la distancia de separación vertical del láser, lo que da como resultado una forma de "arco" a los trazos de láser que surgen a partir de los efectos del espejo de barrido. Además, la naturaleza de las sinusoides distorsionadas difiere entre los láseres, el primer láser muestra una mayor curvatura hacia abajo durante un barrido de línea horizontal, mientras el segundo láser muestra una mayor curvatura hacia arriba durante un barrido de línea horizontal. Sin embargo, pueden lograrse espaciados de una sola línea y otros deseados en el espacio de visualización al ajustar la frecuencia de actualización vertical tal como se describió anteriormente. Para la distancia de separación vertical 408, por ejemplo, la frecuencia de actualización vertical puede variarse para ajustar el espaciado entre líneas y/o la resolución mientras se conserva un número entero de líneas horizontales en la imagen. Por ejemplo, esto puede permitir que el barrido ocurra más rápido en regiones no foveales (por ejemplo, en la vista periférica de un usuario) que en regiones foveales (por ejemplo, en la línea de mirada del usuario) para lograr una visualización foveada utilizando los datos de seguimiento ocular.

El desfase entre los fotogramas entrelazados generados por la matriz de láseres 400 con distancia de separación vertical 408 puede ajustarse para producir espaciados entre líneas deseados en ciertas partes del FOV 604, tal como se describió anteriormente. La figura 7 muestra un diagrama de

trazo de láser 700 ejemplar resultante de un cambio en un desfase de π radianes utilizado para producir el diagrama 600 a un desfase de $\pi/2$ radianes. A diferencia del diagrama 600, en el cual se produjo un espaciado entre líneas indeseado y una superposición de la salida de láser en ángulos horizontales próximos a 0 grados, el desfase en $\pi/2$ radianes representado por el diagrama 700 da como resultado un espaciado entre líneas deseado en los ángulos horizontales próximos a 0 grados. Tal como se describió anteriormente, la salida del sensor de seguimiento ocular 112 de la figura 1 puede utilizarse para ajustar dinámicamente el desfase para lograr el espaciado entre líneas deseado en respuesta a la mirada del usuario.

En los ejemplos en los cuales se implementa un sistema de visualización por barrido como un HMD, el movimiento de la cabeza de un usuario puede afectar la resolución de la imagen. Por ejemplo, el movimiento vertical de la cabeza (o, más generalmente, el movimiento de la cabeza a lo largo de una dirección de barrido de frecuencia más baja) puede crear una distorsión entre fotogramas de un patrón de barrido entrelazado, haciendo que las líneas del patrón de barrido parezcan "colapsarse" una sobre la otra. En tales casos, el usuario puede experimentar una reducción en la resolución de la imagen debido al movimiento de la cabeza a lo largo de la dirección de barrido de frecuencia más baja. El movimiento de los ojos de manera similar puede provocar distorsión en algunos casos.

Para ayudar a evitar tales efectos visuales, puede utilizarse un sensor de movimiento para detectar el movimiento de la cabeza y/o el movimiento ocular para ajustar una velocidad de barrido y/o un desfase con base en los datos de movimiento. La figura 8 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método 800 ejemplar para ajustar dinámicamente uno o más parámetros operativos en función del movimiento del usuario. El método 800 puede implementarse como instrucciones almacenadas ejecutables por un subsistema lógico de un sistema informático, como un sistema de visualización montado en la cabeza.

En 802, el método 800 comprende controlar un sistema de espejos de barrido para barrer la luz en un patrón entrelazado para formar una imagen. Esto puede incluir controlar el sistema de espejos de barrido para barrer la luz proveniente de la fuente luminosa en una primera dirección a una frecuencia más alta y en una segunda dirección a una frecuencia más baja para formar la imagen, tal como se indica en 804. Puede utilizarse cualquier sistema de espejos de barrido adecuado que incluye, entre otros, los ejemplos descritos en el presente documento.

El método 800 incluye, además, en 806, recibir los datos de movimiento desde uno o más sensores. Tales datos de movimiento pueden incluir datos de un sensor de movimiento de la cabeza, tal como se indica en 808. Los datos de movimiento de la cabeza pueden incluir cualquier información adecuada sobre el movimiento de la cabeza del usuario, como la velocidad de traslación y/o velocidad de rotación y/o información de aceleración a lo largo de tres ejes. A partir de estos datos, puede determinarse un vector de velocidad de la cabeza a lo largo de la segunda dirección. Tal como se describe con más detalle posteriormente, los datos de movimiento también pueden obtenerse a partir de un sensor de seguimiento ocular, tal como se indica en 810.

Continuando, el método 800 incluye, en 812, ajustar uno o más de una velocidad de barrido en la

segunda dirección y un desfase entre un primer fotograma y un segundo fotograma del patrón entrelazado con base en los datos de movimiento para ayudar a reducir la distorsión perceptible en una imagen proyectada. En algunos ejemplos, puede determinarse una velocidad de aceleración y utilizarla para computar una velocidad probable de la cabeza en el momento de la visualización de la imagen, y la velocidad probable de la cabeza puede utilizarse para determinar el ajuste.

Los cambios en la aceleración de la cabeza de un usuario pueden afectar la distorsión a través del patrón entrelazado de la imagen incluso cuando se determina un ajuste con base en una aceleración determinada, por ejemplo, en los casos en los cuales un cambio en la aceleración durante la visualización de un fotograma es de suficiente magnitud para hacer que un ajuste determinado sea menos efectivo durante ese fotograma. En algunos ejemplos, puede predecirse que los cambios en la aceleración serán lo suficientemente pequeños a lo largo de una duración de un fotograma (por ejemplo, un intervalo de 5 a 10 ms, con base en una duración de fotograma de 8 ms) que se aplica un mismo ajuste durante la duración de un fotograma, y cualquier instancia en la cual la aceleración exceda el nivel predicho que no se compensa explícitamente. En otros ejemplos, puede determinarse una aceleración en tiempo real, y uno o más parámetros pueden ajustarse durante la visualización de un fotograma de imagen para cambiar la velocidad de barrido durante el fotograma.

Tal como se mencionó anteriormente, la distorsión también puede surgir a partir del movimiento ocular a lo largo de la dirección de barrido de frecuencia más baja. Como tal, en algunos ejemplos, uno o más parámetros operativos pueden ajustarse de manera adicional o alternativa con base en los datos de movimiento ocular de un sistema de seguimiento de la mirada. Por lo tanto, el método 800 puede incluir, en 810, recibir datos desde un sensor de seguimiento ocular y, con base en estos datos, ajustar (en 814) uno o más de la velocidad de barrido en la segunda dirección y del desfase entre fotogramas del patrón entrelazado.

Cuando se tienen en cuenta tanto el movimiento de la cabeza como el movimiento ocular, el desfase entre fotogramas del patrón entrelazado puede ajustarse al determinar individualmente un desfase para el movimiento de la cabeza y el movimiento ocular, y después sumar los desfases determinados, tal como se indica en 816. Además, cuando se determina una compensación para la visualización foveada, la compensación de visualización foveada también puede sumarse con la compensación del movimiento de la cabeza y la compensación del movimiento ocular para determinar un desfase total que se aplicará.

En algunos ejemplos, un visualizador puede configurarse para utilizar sistemas de visualización por barrido separados para una imagen del ojo izquierdo y una imagen del ojo derecho. Por ejemplo, el sistema de la figura 1 puede modificarse para incluir fuentes luminosas separadas (por ejemplo, láseres separados) y un primer y segundo espejo para cada ojo, controlados por un controlador común. En tal ejemplo, los dos sistemas de visualización monocular pueden superponerse para producir una visualización estereoscópica. En tal ejemplo, la diferencia de fase entre los dos sistemas de visualización monocular puede compensarse de manera controlable de modo que la visualización binocular aditiva sea la suma de los dos barridos de imagen monocular. Como ejemplo, un ojo puede visualizar fotogramas

impares mientras el otro ojo visualiza fotogramas pares. En tal ejemplo, utilizando una frecuencia de fotogramas suficientemente alta, un usuario que visualiza las dos imágenes fusionará las dos imágenes y visualizará la superposición de los fotogramas pares e impares simultáneamente. En tal ejemplo, el desfase de los fotogramas pares e impares puede ajustarse con base en los datos de movimiento para preservar un espaciado entre líneas deseado entre los barridos y reducir la distorsión perceptible, tal como se describió anteriormente.

Cuando se utilizan dos sistemas de visualización por barrido independientes, puede ser difícil lograr la misma velocidad de barrido en una dirección de barrido de frecuencia más alta. Por ejemplo, los problemas de tolerancia de fabricación pueden dificultar que se garantice una frecuencia resonante suficientemente consistente (por ejemplo, $<100\text{Hz}$ de diferencia) para ambos espejos de barrido de frecuencia más alta. Tales problemas pueden resolverse al clasificar las piezas de acuerdo con la frecuencia de resonancia. Sin embargo, esto puede aumentar los costos de fabricación y tampoco abordaría los posibles problemas de temperatura y variabilidad de la unidad que también pueden conducir a velocidades de barrido de frecuencia más desiguales entre los dos sistemas de barrido independientes. Como otra posible solución, uno o ambos espejos de barrido de frecuencia más alta podrían verse obligados a operar fuera de su frecuencia de resonancia para que coincida con la frecuencia del otro espejo. Sin embargo, tal solución puede resultar en un consumo de energía significativamente mayor que operar el espejo a su frecuencia de resonancia, y puede afectar la estabilidad del sistema y el campo de visión. Además, incluso cuando las frecuencias resonantes son cercanas (por ejemplo, $<100\text{Hz}$) y lo suficientemente estables, es posible que las fases relativas aún necesiten ajustarse para cada fotograma debido a los cambios en la diferencia de fase que surgen a partir de la diferencia (pequeña) en las velocidades de barrido de frecuencias más altas.

Para evitar tales problemas con velocidades de barrido de frecuencia más altas no coincidentes, puede utilizarse un mismo espejo de barrido de frecuencia más alta con espejos de barrido de frecuencia más lenta separados para cada ojo. Un ejemplo de tal configuración se muestra como el sistema de visualización por barrido 900 en la figura 9. El sistema de visualización por barrido 900 incluye la fuente luminosa respectiva del ojo izquierdo y del ojo derecho 902a, 902b. Cada fuente luminosa dirige la luz (por ejemplo, el láser luminoso) hacia un mismo espejo de barrido de frecuencia más alta 904. El sistema de visualización por barrido 900 incluye, además, los respectivos espejos de barrido de frecuencia más baja del ojo izquierdo y del ojo derecho 906a, 906b para barrer la luz de cada imagen del ojo hacia una salida 908a, 908b. Un controlador 910 controla las fuentes de luz 902a, 902b, el espejo de barrido de frecuencia más alta 904, y cada espejo de barrido de frecuencia más baja 906a, 906b. El controlador 910 también recibe la información desde un sensor de movimiento 912, y puede recibir la información desde los sensores de seguimiento ocular para cada ojo, mostrados respectivamente en 914a, 914b. De acuerdo con los datos del sensor de movimiento 912 y/o sensores de seguimiento ocular 914a, 914b, el controlador 910 puede ajustar el desfase entre fotogramas para el primer visualizador y/o segundo visualizador, lo cual puede ayudar a disminuir la distorsión perceptible.

Como otro ejemplo, un sistema de visualización por barrido puede utilizar una matriz

unidimensional de emisores de luz con un emisor de luz para cada píxel a lo largo de una primera dirección, y un espejo de barrido para barrer la luz de la matriz unidimensional de emisores de luz a lo largo de una segunda dirección. Puede proyectarse una imagen al controlar individualmente la luz emitida por cada emisor de luz en cada fila o columna de píxeles en la dirección de barrido. En tal sistema, el tiempo de muestreo podría compensarse para las imágenes del ojo izquierdo y derecho para disminuir la distorsión debido al movimiento de la cabeza. Un ejemplo de dicho sistema se muestra en la figura 10, que representa un primer visualizador 1000a y un segundo visualizador 1000b, cada uno con una matriz de láseres unidimensionales 1002a, 1002b y un espejo de barrido 1004a, 1004b para dirigir una línea de imagen unidimensional barrida hacia una salida 1006a, 1006b. Un controlador 1008 controla cada visualizador 1000a, 1000b. El controlador también recibe información desde un sensor de movimiento 1010, y también puede recibir información desde los sensores de seguimiento ocular para cada ojo, mostrados respectivamente en 1012a, 1012b. Con base en los datos del sensor de movimiento 1010 y/o sensores de seguimiento ocular 1012a, 1012b, el controlador 1008 puede ajustar el tiempo de muestra de las imágenes presentadas por el primer visualizador 1000a y/o segundo visualizador 1000b para disminuir la distorsión.

En algunas modalidades, los métodos y procesos descritos en el presente documento pueden estar vinculados a un sistema informático de uno o más dispositivos informáticos. En particular, tales métodos y procesos pueden implementarse como un programa o servicio de aplicación informática, una interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), una biblioteca y/u otro producto de programa de computadora.

La figura 11 muestra esquemáticamente una modalidad no limitativa de un sistema informático 1100 que puede implementar uno o más de los métodos y procesos descritos anteriormente. El sistema informático 1100 se muestra en forma simplificada. El sistema informático 1100 puede adoptar la forma de una o más computadoras personales, computadoras servidor, tabletas, computadoras de entretenimiento en el hogar, dispositivos informáticos en red, dispositivos de juegos, dispositivos informáticos móviles, dispositivos de comunicación móviles (por ejemplo, teléfonos inteligentes) y/u otros dispositivos informáticos.

El sistema informático 1100 incluye una máquina lógica 1102 y una máquina de almacenamiento 1104. El sistema informático 1100 puede incluir opcionalmente un subsistema de visualización 1106, un subsistema de entrada 1108, un subsistema de comunicación 1110 y/u otros componentes no mostrados en la figura 11.

La máquina lógica 1102 incluye uno o más dispositivos físicos configurados para ejecutar instrucciones. Por ejemplo, la máquina lógica puede configurarse para ejecutar instrucciones que forman parte de una o más aplicaciones, servicios, programas, rutinas, bibliotecas, objetos, componentes, estructuras de datos u otras construcciones lógicas. Tales instrucciones pueden implementarse para realizar una tarea, implementar un tipo de datos, transformar el estado de uno o más componentes, lograr un efecto técnico u obtener el resultado deseado.

La máquina lógica puede incluir uno o más procesadores configurados para ejecutar

instrucciones de *software*. Además, o como una alternativa, la máquina lógica puede incluir una o más máquinas lógicas de *hardware* o *firmware* configuradas para ejecutar instrucciones de *hardware* o *firmware*. Los procesadores de la máquina lógica pueden ser de un solo núcleo o de múltiples núcleos, y las instrucciones ejecutadas en ellos pueden configurarse para procesamiento secuencial, simultáneo y/o distribuido. Los componentes individuales de la máquina lógica pueden distribuirse opcionalmente entre dos o más dispositivos separados, que pueden ubicarse de forma remota y/o configurarse para un procesamiento coordinado. Los aspectos de la máquina lógica pueden virtualizarse y ejecutarse mediante dispositivos informáticos en red de acceso remoto arreglados en una configuración informática en la nube.

La máquina de almacenamiento 1104 incluye uno o más dispositivos físicos configurados para contener instrucciones ejecutables por la máquina lógica para implementar los métodos y procesos descritos en el presente documento. Cuando se implementan tales métodos y procesos, el estado de la máquina de almacenamiento 1104 puede transformarse, por ejemplo, para contener datos diferentes.

La máquina de almacenamiento 1104 puede incluir dispositivos extraíbles y/o incorporados. La máquina de almacenamiento 1104 puede incluir memoria óptica (por ejemplo, disco compacto (CD, por sus siglas en inglés), disco versátil digital (DVD, por sus siglas en inglés), DVD de alta definición (HD-DVD, por sus siglas en inglés), disco Blu-Ray, etcétera), memoria de semiconductores (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura programable borrrable (EPROM, por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente (EEPROM, por sus siglas en inglés), etcétera) y/o memoria magnética (por ejemplo, unidad de disco duro, unidad de disquete, unidad de cinta, memoria de acceso aleatorio magnética (MRAM por sus siglas en inglés), etcétera), entre otras. La máquina de almacenamiento 1104 puede incluir dispositivos volátiles, no volátiles, dinámicos, estáticos, de lectura/escritura, exclusivamente lectura, acceso aleatorio, acceso secuencial, direccionables por ubicación, direccionables por archivo y/o direccionables por contenido.

Se apreciará que la máquina de almacenamiento 1104 incluye uno o más dispositivos físicos. Sin embargo, los aspectos de las instrucciones descritas en el presente documento alternativamente pueden propagarse a través de un medio de comunicación (por ejemplo, una señal electromagnética, una señal óptica, etcétera) que no se mantiene en un dispositivo físico durante un tiempo limitado.

Los aspectos de la máquina lógica 1102 y la máquina de almacenamiento 1104 pueden integrarse juntos en uno o más componentes lógicos de *hardware*. Tales componentes lógicos de *hardware* pueden incluir, por ejemplo, matrices de puertas programables in situ (FPGA, por sus siglas en inglés), circuitos integrados de programas y aplicaciones específicas (PASIC/ASIC, por sus siglas en inglés), productos estándar de programas y aplicaciones específicas (PSSP/ASSP, por sus siglas en inglés), sistema en un chip (SOC, por sus siglas en inglés) y dispositivos lógicos programables complejos (CPLD, por sus siglas en inglés).

Los términos "módulo", "programa" y "motor" pueden utilizarse para describir un aspecto del sistema informático 1100 implementado para realizar una función particular. En algunos casos, puede

crearse una instancia de un módulo, programa o motor a través de la máquina lógica 1102 al ejecutar las instrucciones contenidas por la máquina de almacenamiento 1104. Se entenderá que pueden crearse instancias de diferentes módulos, programas y/o motores desde la misma aplicación, servicio, bloque de código, objeto, biblioteca, rutina, API, función, etcétera. Asimismo, el mismo módulo, programa y/o motor puede instanciarse por diferentes aplicaciones, servicios, bloques de código, objetos, rutinas, API, funciones, etcétera. Los términos "módulo", "programa" y "motor" pueden abarcar uno o más archivos ejecutables, archivos de datos, bibliotecas, controladores, secuencia de comandos, registros de bases de datos, etcétera.

Se apreciará que un "servicio", tal como se utiliza en el presente documento, es un programa de aplicación ejecutable en múltiples sesiones de usuario. Un servicio puede estar disponible para uno o más componentes del sistema, programas y/u otros servicios. En algunas implementaciones, un servicio puede ejecutarse en uno o más dispositivos informáticos servidor.

Cuando se incluye, el subsistema de visualización 1106 puede utilizarse para presentar una representación visual de los datos contenidos en la máquina de almacenamiento 1104. Esta representación visual puede adoptar la forma de una interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés). Puesto que los métodos y procesos descritos en el presente documento cambian los datos que posee la máquina de almacenamiento y, por lo tanto, transforman el estado de la máquina de almacenamiento, el estado del subsistema de visualización 1106 también puede transformarse para representar visualmente los cambios en los datos subyacentes. El subsistema de visualización 1106 puede incluir uno o más dispositivos de visualización que utilizan prácticamente cualquier tipo de tecnología. Tales dispositivos de visualización pueden combinarse con la máquina lógica 1102 y/o la máquina de almacenamiento 1104 en una carcasa compartida, o tales dispositivos de visualización pueden ser dispositivos de visualización periféricos.

Cuando se incluye, el subsistema de entrada 1108 puede comprender o interconectarse con uno o más dispositivos de entrada de usuario como un teclado, mouse, pantalla táctil o controlador de juego. En algunas modalidades, el subsistema de entrada puede comprender o interconectarse con componentes de entrada de usuario natural (NUI, por sus siglas en inglés) seleccionados. Tales componentes pueden ser integrados o periféricos, y la transducción y/o el procesamiento de las acciones de entrada pueden manejarse dentro o fuera de la placa. Los componentes de NUI ejemplares pueden incluir un micrófono para reconocimiento de habla y/o voz; una cámara infrarroja, a color, estereoscópica y/o de profundidad para visión artificial y/o reconocimiento de gestos; un seguidor de cabeza, seguidor ocular, acelerómetro y/o giroscopio para detección de movimiento y/o reconocimiento de intención; así como componentes de detección de campo eléctrico para evaluar la actividad cerebral.

Cuando se incluye, el subsistema de comunicación 1110 puede configurarse para conectarse comunicativamente con uno o más de otros dispositivos informáticos. El subsistema de comunicación 1110 puede incluir dispositivos de comunicación alámbricos y/o inalámbricos compatibles con uno o más protocolos de comunicación diferentes. Como ejemplos no limitativos, el subsistema de comunicación puede configurarse para la comunicación a través de una red telefónica inalámbrica o una red de área

local o amplia alámbrica o inalámbrica. En algunas modalidades, el subsistema de comunicación puede permitir que el sistema informático 1100 envíe y/o reciba mensajes hacia y/o desde otros dispositivos a través de una red tal como internet.

Otro ejemplo proporciona un sistema de visualización por barrido montado en la cabeza, que comprende una fuente luminosa, un sensor de movimiento, un sistema de espejos de barrido configurado para barrer luz de la fuente luminosa a lo largo de al menos una dimensión para formar una imagen, y un controlador configurado para controlar el sistema de espejos de barrido para barrer la luz para formar la imagen, recibir datos de movimiento de la cabeza desde el sensor de movimiento y ajustar una o más velocidades de barrido y un desfase entre un primer fotograma y un segundo fotograma de la imagen de acuerdo con los datos de movimiento de la cabeza. En tal ejemplo, el sistema de espejos de barrido puede comprender además, o como una alternativa, un primer espejo configurado para barrer la luz en una primera dirección, y un segundo espejo configurado para barrer la luz en una segunda dirección. En tal ejemplo, el controlador además, o como una alternativa, puede configurarse para ajustar el desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma al ajustar un tiempo en el cual el sistema de espejos de barrido inicia el barrido de la luz en la segunda dirección con respecto al barrido de la luz en la primera dirección. En tal ejemplo, el controlador además, o como una alternativa, puede configurarse para ajustar el desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma con base en un espaciado entre líneas deseado en una región en la imagen. En tal ejemplo, la región puede ser una de una pluralidad de regiones en la imagen, y el controlador, además, o como una alternativa, puede configurarse para asociar un desfase respectivo con cada una de la pluralidad de regiones. En tal ejemplo, el sistema de visualización por barrido montado en la cabeza puede comprender, además, un sensor de seguimiento ocular configurado para detectar la dirección de la mirada de un usuario, y el controlador, además, o como una alternativa, puede configurarse adicionalmente para correlacionar la dirección de la mirada con una región en la imagen, y para ajustar uno o más de la velocidad de barrido y desfase de acuerdo con la región en la imagen. En tal ejemplo, el controlador, además, o como una alternativa, puede configurarse para ajustar el desfase de una primera manera con base en la correlación de la dirección de la mirada con una primera región en la imagen, y para ajustar el desfase de una segunda manera con base en la correlación de la dirección de la mirada con una segunda región en la imagen. En tal ejemplo, la región puede ser una región foveal de la imagen, la imagen puede comprender una región no foveal, y el controlador, además, o como una alternativa, puede configurarse para aumentar la velocidad de barrido en la región no foveal y disminuir la velocidad de barrido en la región foveal. En tal ejemplo, el desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma puede comprender múltiples ajustes de desfase, y el controlador, además, o como una alternativa, puede configurarse para determinar un primer ajuste de desfase con base en la región en la imagen, determinar un segundo ajuste de desfase con base en los datos de movimiento de la cabeza, y ajustar el desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma con base en una suma del primer ajuste de desfase determinado y el segundo ajuste de desfase determinado. En tal ejemplo, la fuente luminosa puede comprender, además, o como una alternativa, una fuente de láser luminoso que comprende dos o más láseres compensados, y la fuente de láser

luminoso puede configurarse para emitir luz de múltiples colores. En tal ejemplo, el sistema de visualización por barrido montado en la cabeza puede comprender un sensor de seguimiento ocular configurado para detectar el movimiento ocular, y el controlador, además, o como una alternativa, puede configurarse para correlacionar el movimiento ocular y ajustar el desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma con base en el movimiento ocular. En tal ejemplo, el sistema de espejos de barrido puede configurarse de manera alternativa o adicional para barrer una línea horizontal de la imagen en un medio intervalo de un accionador microelectromecánico que impulsa el sistema de espejos de barrido. En tal ejemplo, la fuente luminosa puede comprender, además, o como una alternativa, una matriz unidimensional de emisores de luz. En tal ejemplo, el sistema de espejos de barrido puede comprender, además, o como una alternativa, un mismo espejo de barrido de frecuencia más alta y espejos de barrido de frecuencia más baja de ojo izquierdo y ojo derecho separados para barrer respectivamente en una dirección de barrido de frecuencia más alta y una dirección de barrido de frecuencia más baja.

Otro ejemplo proporciona un método para presentar una imagen, que comprende dirigir la luz desde una fuente luminosa hacia un sistema de espejos de barrido, barrer la luz desde la fuente luminosa en una primera dirección a una frecuencia más alta y en una segunda dirección a una frecuencia más baja para barrer así la luz en un patrón entrelazado y formar la imagen, recibir los datos de movimiento de la cabeza desde un sensor de movimiento, y con base al menos en los datos de movimiento de la cabeza, ajustar una o más velocidades de barrido en la segunda dirección y un desfase entre un primer fotograma y un segundo fotograma del patrón entrelazado. En tal ejemplo, el método, además, o como una alternativa, puede comprender la correlación de una dirección de la mirada determinada a través de un sensor de seguimiento ocular con una región en la imagen, y ajustar una o más de la velocidad de barrido en la segunda dirección y del desfase con base en la región en la imagen. En tal ejemplo, el método puede comprender, además, o como una alternativa, la correlación de un movimiento ocular a través de la imagen mediante un sensor de seguimiento ocular y, con base en el movimiento ocular, ajustar uno o más de la velocidad de barrido en la segunda dirección y del desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma del patrón entrelazado. En tal ejemplo, barrer la luz de la fuente luminosa puede comprender, además, o como una alternativa, barrer la luz para formar la imagen a una resolución de entre 1440p y 2160p.

Otro ejemplo proporciona un sistema de visualización por barrido montado en la cabeza, que comprende una fuente luminosa, un sensor de movimiento, un sistema de espejos de barrido configurado para barrer la luz de la fuente luminosa en una primera dirección a una frecuencia más alta y en una segunda dirección en una frecuencia más baja para formar una imagen, un sensor de seguimiento ocular y un controlador configurado para controlar el sistema de espejos de barrido para barrer la luz en un patrón entrelazado para formar la imagen, recibir datos de movimiento de la cabeza desde el sensor de movimiento, recibir datos desde el sensor de seguimiento ocular, y ajustar uno o más de una velocidad de barrido en la segunda dirección y de un desfase entre un primer fotograma y un segundo fotograma del patrón entrelazado con base al menos en los datos de movimiento de la cabeza y los datos recibidos desde el sensor de seguimiento ocular. En tal ejemplo, el controlador, además, o como una alternativa,

puede configurarse para recibir los datos desde el sensor de seguimiento ocular al recibir una indicación de una o más direcciones de la mirada y un movimiento ocular, y donde el controlador puede configurarse, además, o como una alternativa, para determinar un primer ajuste de desfase con base en una o más de la dirección de la mirada y del movimiento ocular, determinar un segundo ajuste de desfase con base en los datos de movimiento de la cabeza, y ajustar el desfase entre el primer fotograma y el segundo fotograma del patrón entrelazado con base en una suma del primer ajuste de desfase determinado y del segundo ajuste de desfase determinado.

Se entenderá que las configuraciones y/o metodologías descritos en el presente documento son de naturaleza ejemplar, y que estas modalidades o ejemplos específicos no deben considerarse en un sentido limitante, debido a que son posibles numerosas variaciones. Las rutinas o métodos específicos descritos en el presente documento pueden representar una o más de cualquier número de estrategias de procesamiento. Como tal, pueden realizarse diversas acciones ilustradas y/o descritas en la secuencia ilustrada y/o descrita, en otras secuencias, simultáneamente u omitirse. Del mismo modo, puede cambiarse el orden de los procesos descritos anteriormente.

La materia objeto de la presente divulgación incluye todas las combinaciones y subcombinaciones novedosas y no obvias de los diversos procesos, sistemas y configuraciones, y otras características, funciones, acciones y/o propiedades divulgadas en el presente documento, así como cualquiera y todos los equivalentes de la misma.