

APLICACIÓN SELECTIVA DE PROCESAMIENTO DE REPROYECCIÓN EN SUBREGIONES DE CAPA PARA OPTIMIZAR LA CAPACIDAD DE REPROYECCIÓN DE ETAPA AVANZADA

Antecedentes de la invención

Las computadoras y los sistemas informáticos influyeron en casi todos los aspectos de la vida moderna. Las computadoras generalmente están involucradas en el trabajo, recreación, atención médica, transporte, entretenimiento, administración del hogar, etcétera.

Los sistemas informáticos de realidad mixta, que incluyen sistemas de realidad virtual y sistemas de realidad aumentada, recibieron recientemente un gran interés por su capacidad de crear experiencias inmersivas para los usuarios. Los sistemas de realidad aumentada convencionales crean un escenario de realidad aumentada al presentar visualmente objetos virtuales en el mundo real. En contraste, los sistemas convencionales de realidad virtual crean una experiencia más inmersiva de tal manera que la vista completa de un usuario esté obstaculizada por un mundo virtual. Tal como se utiliza en el presente documento, los sistemas de realidad mixta, realidad aumentada y realidad virtual se describen y citan de manera intercambiable. A menos que se indique o requiera específicamente, tal como lo entiende una persona con conocimientos en la materia, las descripciones en el presente documento se aplican por igual a cualquier tipo de sistema de realidad mixta, que incluye los sistemas de realidad aumentada, sistemas de realidad virtual y/o cualquier otro sistema similar capaz de presentar objetos virtuales a un usuario.

Los sistemas informáticos de realidad mixta comúnmente utilizan uno o más dispositivos en el cuerpo (por ejemplo, un dispositivo montado en la cabeza, un dispositivo portátil, etcétera). El dispositivo montado en la cabeza proporciona un visualizador, ocasionalmente denominado visualizador montado en la cabeza (a partir de ahora HMD, por sus siglas en inglés), que permite al usuario visualizar información visual superpuesta y/o integrada en el entorno ambiental del usuario. Por ejemplo, un sistema de realidad mixta puede presentar información visual al usuario, a través del HMD, en forma de un objeto simulado sobre la superficie de una mesa real.

Los continuos avances en las capacidades de *hardware* y las tecnologías de renderización han aumentado considerablemente el realismo de los objetos virtuales y las escenas presentadas a un usuario dentro de un entorno de realidad mixta. Por ejemplo, en entornos de realidad mixta, los objetos virtuales pueden colocarse dentro del mundo real de tal manera que den la impresión de que el objeto virtual es parte del mundo real. A medida que un usuario se mueve dentro del mundo real, el entorno de realidad mixta se actualiza automáticamente para que el usuario obtenga la perspectiva y la vista adecuadas del objeto virtual. Este entorno de realidad mixta a menudo se conoce como una escena generada por computadora, o simplemente una “escena”.

En tales sistemas, el cuerpo del usuario (específicamente la cabeza del usuario y el HMD correspondiente) puede moverse en tiempo real con relación al entorno virtual. Por ejemplo, en una aplicación de realidad mixta, si el usuario inclina la cabeza en una dirección, no esperaría que la imagen o el holograma se incline con su cabeza. Idealmente, el sistema mediría la posición de la cabeza del usuario y renderizaría las imágenes a una velocidad lo suficientemente rápida como para eliminar cualquier

fluctuación o variación en la posición de la imagen, tal como la percibe el usuario. Sin embargo, las unidades comunes de procesamiento de gráficos (GPU, por sus siglas en inglés) actualmente renderizan fotogramas entre solo 30 a 60 fotogramas por segundo, dependiendo de la calidad y el rendimiento de la GPU. Esto da como resultado un retraso potencial de 16 a 33 milisegundos entre el momento en el cual se detecta la posición de la cabeza y cuando la imagen se presenta realmente en el HMD. La latencia adicional también puede asociarse con el tiempo que se requiere para determinar la nueva posición de la cabeza y/o los retrasos entre el búfer de fotogramas de la GPU y la presentación ajustada final. El resultado es un error potencialmente grande entre el lugar donde el usuario esperaría una imagen y el lugar donde realmente se muestra la imagen, lo cual degrada la experiencia del usuario. En algunos casos, el usuario también puede experimentar incomodidad y desorientación cuando las imágenes virtuales no se presentan en los lugares apropiados, particularmente durante el movimiento de la cabeza y la HMD del usuario.

En un esfuerzo por reducir o eliminar algunos de los errores de renderización anteriores, los sistemas existentes aplican correcciones de etapa avanzada para realizar ajustes finales a la imagen después de que la imagen se renderice por la GPU. Este proceso se realiza antes de que se presenten los píxeles para compensar la última rotación, traslación y/o ampliación resultantes a partir del movimiento de la cabeza del usuario. Este proceso de ajuste a menudo se denomina ajuste de estado avanzado (LSR, por sus siglas en inglés), reproyección de etapa avanzada, LSR o ajustes de LSR. En lo sucesivo, esta divulgación utilizará la abreviatura “LSR”. Debido a que los fotogramas pueden renderizarse a una velocidad alta y con alta resolución, los sistemas existentes que emplean la LSR pueden requerir una gran cantidad de ancho de banda y potencia de memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM, por sus siglas en inglés). Se apreciará que, en el contexto de un HMD inalámbrico y que funciona con batería, el tamaño del chip, así como los requisitos de ancho de banda y potencia pueden ser muy importantes, lo cual puede aumentar los desafíos y dificultades asociados con la renderización de las escenas de realidad mixta para un usuario.

Tal como se sugirió anteriormente, muchos sistemas informáticos de realidad mixta son dispositivos inalámbricos que funcionan con batería los cuales presentan limitaciones de potencia operativa. Estas restricciones están diseñadas para prolongar la vida útil de la batería para que el usuario pueda disfrutar más tiempo la escena. Sin embargo, muchas operaciones del sistema informático afectan significativamente la vida útil de la batería del sistema informático. Por ejemplo, realizar operaciones de adquisición de datos y acciones de LSR son ejemplos principales de tales operaciones de agotamiento de batería. En consecuencia, existe una necesidad importante en el campo de mejorar de manera eficiente el consumo eléctrico de los sistemas que realizan este tipo de operaciones.

La materia objeto reclamada en el presente documento no se limita a las modalidades que resuelven cualquiera de las desventajas o que operan solo en entornos como aquellos descritos anteriormente. Mejor dicho, estos antecedentes se proporcionan para ilustrar únicamente un área de tecnología ejemplar donde pueden ponerse en práctica algunas modalidades descritas en el presente documento.

Breve descripción de la invención

Las modalidades divulgadas en el presente documento se refieren a sistemas, dispositivos de almacenamiento de *hardware* y métodos que optimizan el procesamiento de LSR.

Algunas modalidades generan una escena generada por computadora que incluye una pluralidad de capas. Esta escena se genera con base en una primera postura pronosticada de una porción de un sistema informático (por ejemplo, un HMD u otro dispositivo de realidad mixta). Las modalidades también provocan que se identifique una subregión dentro de una o más capas. Esta subregión se distingue de al menos otra región en una o más capas. Entonces, las modalidades provocan que esa subregión se aisle de las otras regiones. Posteriormente, las modalidades provocan que el procesamiento de LSR se aplique a la subregión aislada, mientras se evita la aplicación del procesamiento de LSR, o al menos del mismo procesamiento de LSR, a las otras regiones.

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 busca identificar factores clave o características esenciales de la materia objeto reclamada, ni busca usarse como apoyo para determinar el alcance de la materia objeto reclamada.

Las características y ventajas adicionales se expondrán en la descripción que sigue, y en parte serán aparentes a partir de la descripción, o se pueden aprender por medio de la práctica de los principios que se dan a conocer en este documento. Las características y ventajas de la presente invención se pueden realizar y obtener por medio de los instrumentos y las combinaciones particularmente señaladas en las reivindicaciones adjuntas. Las características de la presente invención llegarán a ser más completamente evidentes a partir de la siguiente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, o se pueden aprender por medio de la práctica de la invención como está estipulado en lo sucesivo.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de describir la manera en la cual pueden obtenerse las ventajas y características mencionadas anteriormente y otras más, se proporcionará una descripción más particular de la materia objeto brevemente descrita antes por referencia a las modalidades específicas que se ilustran en los dibujos adjuntos. Entendiendo que estos dibujos representan solo modalidades comunes y, por lo tanto, no deben considerarse limitantes del alcance, las modalidades se describirán y explicarán con especificidad y detalle adicionales mediante el uso de los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 ilustra una vista arquitectónica básica de un sistema informático que puede realizar los procesos y métodos descritos.

La figura 2 ilustra otra modalidad de un sistema informático que puede realizar los procesos y métodos descritos.

La figura 3 ilustra una visión general de alto nivel de una escena de múltiples capas.

La figura 4 proporciona una representación realista de una capa que puede utilizarse en una escena de múltiples capas.

La figura 5 proporciona otra representación realista de una capa que puede utilizarse en una escena de múltiples capas.

La figura 6 ilustra una representación compuesta de múltiples capas.

La figura 7 ilustra otra representación compuesta de múltiples capas.

La figura 8 ilustra un ejemplo de cómo puede aplicarse un prefiltro a ciertos píxeles en una capa.

La figura 9 ilustra un ejemplo de cómo se restringe una capa dentro de una región delimitante.

La figura 10 ilustra otro ejemplo de cómo se restringe una capa dentro de una región delimitante.

La figura 11 ilustra el uso de una región de separación que puede utilizarse durante el procesamiento de LSR.

La figura 12 ilustra cómo puede reducirse la cantidad de procesamiento de LSR en diversas situaciones.

La figura 13 ilustra un método ejemplar para optimizar el procesamiento de LSR.

La figura 14 ilustra otro método ejemplar para optimizar el procesamiento de LSR.

Descripción detallada de la invención

A modo de introducción, las modalidades divulgadas en el presente documento se refieren a sistemas, dispositivos de almacenamiento de *hardware* y métodos que optimizan el procesamiento de LSR. Con ese fin, las modalidades divulgadas generan una escena generada por computadora que incluye una pluralidad de capas. Esta escena se genera con base en una primera postura pronosticada de un dispositivo (por ejemplo, un HMD) de un sistema informático. Una subregión particular dentro de una o más capas se identifica y se distingue de al menos otra región en una o más capas. Esa subregión se aísla de las otras regiones. Posteriormente, el procesamiento de LSR particular se aplica a la subregión aislada mientras se evita la aplicación de esa LSR particular a las otras regiones.

Tal como se abordará más adelante, las modalidades descritas en el presente documento superan muchas deficiencias prevalentes en toda la tecnología convencional. Además, estas modalidades proporcionan muchos otros beneficios sustanciales que también se describirán a lo largo del resto de esta divulgación.

La siguiente porción de texto se proporciona como una guía inicial para la materia objeto de esta divulgación. En particular, esta divulgación utilizará inicialmente la figura 1 para presentar un análisis introductorio de un sistema informático. Después de ese análisis, se proporciona una materia objeto introductoria sobre el procesamiento de LSR. Entonces, esta divulgación se expone en la figura 2, que presenta la materia objeto sobre un sistema informático capaz de optimizar el procesamiento de LSR realizado en una escena de múltiples capas. A continuación, se describen las figuras 3 a 12. Estas figuras proporcionan detalles sobre el uso de múltiples capas en una escena generada por computadora donde se realiza la LSR. Por último, se detallarán arquitecturas y métodos de soporte adicionales que utilizan los nuevos principios descritos en el presente documento con respecto a las figuras posteriores.

Tal como se ilustra en la figura 1, en su configuración más básica, un sistema informático 100 adopta muchas formas diferentes. Por ejemplo, la figura 1 ilustra el sistema informático 100 como una

computadora de escritorio (o portátil) 100A, una tableta 100B, un teléfono celular 100C o un dispositivo montado en la cabeza 100D que incluye un HMD. Aunque la figura 1 ilustra una amplia gama de dispositivos informáticos, las modalidades actuales no se limitan únicamente a aquellos que se ilustran en la figura 1. Como resultado, las elipses 100E demuestran que cualquier tipo de dispositivo informático está disponible para su uso por las presentes modalidades.

El sistema informático 100 comúnmente incluye al menos una unidad de procesamiento 110 y almacenamiento 120. El almacenamiento 120 puede ser memoria física del sistema, que puede ser volátil, no volátil o alguna combinación de ambos. El término “memoria” también puede utilizarse en el presente documento para referirse al almacenamiento de gran capacidad no volátil como medios físicos de almacenamiento. Si el sistema informático está distribuido, la capacidad de procesamiento, memoria y/o almacenamiento también puede distribuirse. Tal como se utiliza en el presente documento, el término “módulo ejecutable”, “componente ejecutable” o incluso “componente” puede referirse a objetos de *software*, rutinas o métodos que pueden ejecutarse en el sistema informático. Los diferentes componentes, módulos, motores y servicios descritos en el presente documento pueden implementarse como objetos o procesadores que se ejecutan en el sistema informático (por ejemplo, como subprocesos separados).

Las modalidades de la presente invención pueden comprender o utilizar una computadora de uso especial o de uso general que incluye *hardware* de computadora, como, por ejemplo, uno o más procesadores (como el procesador 110) y la memoria de sistema (como el almacenamiento 120), tal como se aborda en mayor detalle posteriormente. Las modalidades dentro del alcance de la presente invención también incluyen medios físicos y otros medios legibles por computadora para contener o almacenar instrucciones ejecutables por computadora y/o estructuras de datos. Tales medios legibles por computadora pueden ser cualquier medio disponible al cual pueda accederse mediante un sistema informático de uso general o especial. Los medios legibles por computadora que almacenan instrucciones ejecutables por computadora en forma de datos son medios informáticos físicos de almacenamiento. Los medios legibles por computadora que contienen instrucciones ejecutables por computadora son medios de transmisión. Por lo tanto, a modo de ejemplo, y no de limitación, las modalidades de la invención pueden comprender al menos dos tipos claramente diferentes de medios legibles por computadora: medios informáticos de almacenamiento y medios de transmisión.

Los medios informáticos de almacenamiento comprenden *hardware*, como memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés), ROM programable y borrrable eléctricamente (EEPROM, por sus siglas en inglés), disco compacto de memoria de solo lectura (CD-ROM, por sus siglas en inglés), unidades de estado sólido (SSD, por sus siglas en inglés) con base en RAM, memoria flash, memoria de cambio de fase (PCM, por sus siglas en inglés) u otros tipos de memoria u otros almacenamiento en disco, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio de *hardware* que pueda utilizarse para almacenar el medios de código de programa deseados en forma de instrucciones ejecutables por computadora, datos o estructuras de datos y a los cuales pueda accederse mediante una computadora de uso general o de uso especial.

Tal como también se muestra en la figura 1, el sistema informático 100 comprende varios componentes diferentes que incluyen interfaces de I/O (entrada/salida) 130, motores de renderización de gráficos 140 y uno o más sensores 150. El sistema informático 100 también puede conectarse (a través de una conexión alámbrica o inalámbrica) a sensores externos 160 (por ejemplo, una o más cámaras remotas, acelerómetros, giroscopios, sensores acústicos, magnetómetros, etcétera). Además, el sistema informático 100 también puede conectarse a través de una o más redes alámbricas o inalámbricas 170 a los sistemas remotos 180 que están configurados para realizar cualquiera de los procesamiento descritos con respecto al sistema informático 100.

Durante el uso, un usuario del sistema informático 100 puede percibir información (por ejemplo, una escena generada por computadora) a través de una pantalla de presentación que se incluye dentro de las interfaces de I/O 130. Las interfaces de I/O 130 y los sensores 150/160 también incluyen dispositivos de detección de gestos, seguidores oculares y/u otros componentes de detección de movimiento (por ejemplo, cámaras, giroscopios, acelerómetros, magnetómetros, sensores acústicos, sistemas de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés), etcétera) que pueden detectar el posicionamiento y el movimiento de uno o más objetos del mundo real, como la mano de un usuario, un lápiz óptico y/o cualquier otro objeto con el cual el usuario pueda interactuar mientras está inmerso en la escena (es decir, un entorno de realidad mixta).

En algunos casos, el posicionamiento y el movimiento del usuario y los objetos se monitorean continuamente. Este monitoreo detecta específicamente cualquier variación en la posición y el movimiento de los objetos, como un cambio detectado en la posición, velocidad, orientación o aceleración. Estos movimientos pueden ser movimientos absolutos y/o movimientos relativos, como en comparación con un posicionamiento relativo del HMD, y de tal manera que los movimientos/posicionamiento del HMD se calcularán en los movimientos/posicionamiento relativos de los objetos tal como se presentan en la escena.

El motor de renderización de gráficos 140 se configura, con los procesadores 110, para renderizar uno o más objetos virtuales dentro de la escena generada por computadora. Esta renderización incluye obstrucciones con las manos u otros tipos de obstrucciones, que se asignan a las posiciones relativas de los objetos del mundo real. Como resultado, los objetos virtuales se mueven con precisión en respuesta al movimiento de los objetos del mundo real. El motor de renderización de gráficos 140 también se configura para renderizar una o más obstrucciones que son puramente virtuales (sin asignarse a objetos del mundo real) pero que, sin embargo, se posicionan y se mueven de manera receptiva a la entrada del usuario a medida que el usuario interactúa dentro de la escena.

Los motores de renderización de gráficos 140, que pueden incluir una o más GPU, se configuran para representar las obstrucciones (es decir, objetos virtuales) con ciertas propiedades de presentación. Estas propiedades incluyen coloración, transparencia u opacidad, texturizado, definición de bordes (por ejemplo, espesor y/o nitidez *versus* desenfoque y/o difuminado), tamaño, etcétera. Cuando se detectan ciertos umbrales de movimiento para la obstrucción, se modificarán una o más combinaciones de las propiedades de presentación para la obstrucción (al menos mientras el movimiento detectado alcance o supere los umbrales de movimiento).

Los umbrales de movimiento pueden incluir cualquier combinación de lo siguiente: 1) movimientos reales detectados del objeto del mundo real asociado con la obstrucción, 2) movimiento de animación detectado de la obstrucción virtualizada, y/o 3) variación o retraso detectado entre el movimiento del mundo real y el movimiento animado. Los movimientos detectados se asocian con valores de atributos de velocidad y/o aceleración. Estos valores se detectan, miden y/o calculan por los sensores 150 y/o procesadores 110 del sistema informático 100 para determinar cuándo se han alcanzado y/o superado los umbrales predeterminados.

En algunas modalidades, los mismos umbrales absolutos de movimiento se asocian con todos los tipos de movimientos. Por ejemplo, una cierta velocidad, aceleración o retraso asociado con una obstrucción será suficiente para activar un cambio en las propiedades de presentación de la obstrucción. Este cambio puede activarse independientemente del tipo específico de movimiento detectado. En otras modalidades, diferentes tipos de movimientos (es decir, diferentes movimientos dentro de los seis grados de libertad, que incluyen avance, elevación, oscilación, cabeceo, balanceo y guiñada) se asocian con diferentes umbrales de movimiento. Por ejemplo, una aceleración rotacional particular activará un primer umbral que es diferente a una aceleración lateral.

En algunos casos, existen al menos dos o más límites umbral separados para uno o más de los diferentes tipos de movimiento. Por ejemplo, en una primera métrica de aceleración, se cumple el primer umbral. En una segunda métrica de aceleración, que es mayor o menor que la primera métrica de aceleración, se cumple un segundo umbral. En algunos casos, se establecen uno o más umbrales de velocidad separados para cada uno de los tipos de movimiento. La apariencia de la obstrucción cambiará dinámicamente en respuesta a cada uno de los diferentes umbrales que se cumplan, como al cambiar los atributos de presentación de la obstrucción.

Los diversos umbrales y tipos de atributos de movimiento se asignan en estructuras de datos almacenadas en el almacenamiento 120 del sistema informático 100 y/o en uno o más sistemas remotos 180.

Algunas modalidades descritas incluyen las GPU (140) que se comunican con el almacenamiento para determinar cuándo y cómo modificar gradualmente la apariencia de la obstrucción correspondientemente a los diferentes cambios detectados en los atributos de movimiento asociados con la obstrucción. En tales modalidades, los atributos/propiedades de presentación se cambian/ajustan continuamente de acuerdo con un atributo de movimiento que cambia continuamente (de modo que no existan niveles discretos). Por ejemplo, los niveles de transparencia y/o difuminado de bordes para una obstrucción pueden asociarse con muchas magnitudes correspondientes diferentes de velocidad y/o aceleración asociadas con la obstrucción (incluso cuando comprenden el movimiento del objeto del mundo real) y/o retraso asociado con la renderización de una animación de la obstrucción.

Una “red”, como la red 170 mostrada en la figura 1, se define como uno o más enlaces de datos y/o conmutadores de datos que permiten el transporte de datos electrónicos entre sistemas informáticos, módulos y/u otros dispositivos electrónicos. Cuando la información se transfiere, o se proporciona, a través de una red (ya sea alámbrica, inalámbrica o una combinación de alámbrica e inalámbrica) a una

computadora, la computadora percibe correctamente la conexión como un medio de transmisión. El sistema informático 100 incluirá uno o más canales de comunicación que se utilizan para comunicarse con la red 170. Los medios de transmisión incluyen una red que puede utilizarse para transportar datos o los medios de código de programa deseados en forma de instrucciones ejecutables por computadora o en forma de estructuras de datos. Además, estas instrucciones ejecutables por computadora pueden ser accesibles para una computadora de uso general o de uso especial. Las combinaciones de lo anterior también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por computadora.

Al llegar a varios componentes del sistema informático, los medios de código de programa en forma de instrucciones ejecutables por computadora o estructuras de datos, pueden transferirse automáticamente de los medios de transmisión a los medios de almacenamiento de la computadora (o viceversa). Por ejemplo, las instrucciones ejecutables por computadora o las estructuras de datos recibidas a través de una red o enlace de datos pueden almacenarse en la RAM dentro de un módulo de interfaz de red (por ejemplo, una tarjeta de interfaz de red o NIC, por sus siglas en inglés) y eventualmente transferirse a la RAM del sistema informático y/o a medios informáticos de almacenamiento menos volátiles en un sistema informático. Por lo tanto, debe entenderse que los medios de almacenamiento informáticos pueden incluirse en los componentes del sistema informático que también (o incluso principalmente) utilizan medios de transmisión.

Las instrucciones ejecutables por computadora (o interpretables por computadora) comprenden, por ejemplo, instrucciones que hacen que una computadora de uso general, computadora de uso especial o dispositivo de procesamiento de uso especial realice una determinada función o grupo de funciones. Las instrucciones ejecutables de la computadora pueden ser, por ejemplo, binarias, instrucciones de formato intermedio, como lenguaje ensamblador, o incluso código fuente. Aunque la materia objeto se ha descrito en un lenguaje específico para características estructurales y/o acciones metodológicas, debe entenderse que la materia objeto definida en las reivindicaciones adjuntas no se limita necesariamente a las características o acciones descritas anteriormente. Por el contrario, las características y acciones descritas se divulgan como formas ejemplares de implementación de las reivindicaciones.

Los expertos en la materia apreciarán que la invención puede ponerse en práctica en entornos informáticos en red con muchos tipos de configuraciones de sistemas informáticos, que incluyen computadoras personales (PC, por sus siglas en inglés), computadoras de escritorio, computadoras portátiles, procesadores de mensajes, dispositivos portátiles, sistemas multiprocesador, aparatos electrónicos de consumo basados en microprocesadores o programables, PC en red, minicomputadoras, computadoras centrales, teléfonos móviles, asistentes digitales personales (PDA, por sus siglas en inglés), buscapersonas, ruteadores, conmutadores y similares. La invención también puede ponerse en práctica en entornos de sistemas distribuidos donde los sistemas informáticos locales y remotos que están interconectados (ya sea mediante enlaces de datos alámbricos, enlaces de datos inalámbricos o mediante una combinación de enlaces de datos alámbricos e inalámbricos) a través de una red, cada uno realiza tareas (por ejemplo, computación en la nube, servicios en la nube y similares). En un entorno de sistema distribuido, los módulos de programa pueden ubicarse en dispositivos de almacenamiento de memoria local

y remota.

Reproyección de etapa avanzada (LSR)

Un problema con la generación de un entorno realista de realidad mixta se relaciona con la latencia, o cantidad de tiempo, en la cual las imágenes de objetos virtuales bloqueados por el mundo que corresponden a una postura particular de un HMD se muestran a un usuario final del HMD. Por ejemplo, si transcurre demasiado tiempo entre el momento en el cual la cabeza del usuario final se aleja de la postura particular y el momento en el cual se muestra una imagen de un objeto virtual con base en la siguiente postura, entonces el objeto virtual parecerá moverse de su ubicación prevista dentro del entorno de realidad mixta (es decir, la imagen puede no parecer alineada con una ubicación u objeto previsto del mundo real). En consecuencia, los HMD también pueden incluir tecnología para generar y mostrar algunos objetos virtuales a una velocidad de fotogramas que es mayor que la velocidad de fotogramas de otros objetos virtuales.

La renderización de objetos virtuales a una velocidad de fotogramas aumentada mejora significativamente la estabilidad de una escena. Los objetos presentados (es decir, objetos virtuales) pueden incluir ajustes gráficos de etapa avanzada de escenas previamente renderizadas (es decir, escenas pronosticadas hacia adelante que se renderizan a una determinada velocidad de fotogramas de renderización) para incorporar estimaciones de postura de mayor frecuencia. La velocidad de fotogramas de renderización puede corresponder al tiempo mínimo para renderizar imágenes asociadas con una postura de un HMD. Para lograr ese objetivo, el HMD puede realizar uno o más de los siguientes: 1) determinar una postura pronosticada asociada con una posición y orientación futuras del HMD (por ejemplo, una postura pronosticada del HMD 10 ms o 20 ms en el futuro), 2) generar una imagen previamente renderizada con base en esa postura pronosticada, 3) determinar una postura actualizada asociada con el HMD después de generar la imagen previamente renderizada o concurrente con la imagen renderizada que se genera, 4) generar una imagen actualizada con base en la postura actualizada y la imagen renderizada, y 5) presentar la imagen actualizada en el HMD. La imagen actualizada puede generarse a través de una transformación homográfica y/o un ajuste de desplazamiento de píxeles de la imagen previamente renderizada. En algunos casos, la imagen actualizada puede generarse por circuitería dentro del visualizador. Más adelante en la presente divulgación se describirán estas funcionalidades con mayor detalle.

La postura pronosticada puede determinarse con base en 1) una posición y orientación actuales del HMD y 2) una aceleración y una velocidad del HMD inmediatamente antes de determinar la postura pronosticada (por ejemplo, al extrapolar la postura pronosticada con base en el movimiento del HMD 5 ms, 10 ms u otra distancia predeterminada antes de determinar la postura pronosticada). La postura actualizada puede determinarse con base en la información de postura actualizada que se proporciona a un seguidor de postura a una mayor frecuencia que la velocidad de fotogramas de renderización (por ejemplo, al adquirir datos a partir de diversos instrumentos de seguimiento de postura, como acelerómetros, giroscopios, etcétera).

Esta información de postura actualizada puede generarse utilizando una unidad de medición de inercia (IMU, por sus siglas en inglés) de baja latencia o una combinación de IMU y seguimiento de postura basado en cámara. La imagen actualizada puede comprender una rotación, traslación, dilación de la imagen (por ejemplo, estiramiento o contracción), desplazamiento o inclinación de al menos una parte de la imagen previamente renderizada para corregir las diferencias entre la postura pronosticada y la postura actualizada (por ejemplo, para compensar una predicción de postura incorrecta al generar la imagen previamente renderizada).

Incluso además, la imagen actualizada puede generarse a través de una transformación homográfica de la imagen previamente renderizada. En algunos casos, la transformación homográfica puede comprender una transformación afín. La imagen actualizada puede generarse utilizando un ajuste de desplazamiento de píxeles o una combinación de transformaciones homográficas y ajustes de desplazamiento de píxeles. En algunos casos, las transformaciones homográficas y/o los ajustes de desplazamiento de píxeles pueden generarse posteriormente a partir del proceso de renderización central (por ejemplo, utilizando un controlador o procesador integrado con el HMD). En otros casos, los ajustes de desplazamiento de píxeles pueden realizarse utilizando un visualizador que incorpora registros de desplazamiento u otra circuitería para permitir el desplazamiento de valores de píxeles dentro de una matriz de píxeles del visualizador (por ejemplo, similar a la operación de un dispositivo acoplado a carga).

Las imágenes actualizadas incluyen ajustes gráficos de etapa avanzada de las imágenes renderizadas pronosticadas hacia adelante y pueden generarse utilizando diversas técnicas de reproyección de imágenes de diversa complejidad computacional. Las técnicas de reproyección de imagen pueden incluir la reproyección por píxel (por ejemplo, donde cada píxel de una imagen renderizada se re proyecta con base en una postura actualizada), homografía de múltiples capas (por ejemplo, donde se utilizan múltiples imágenes renderizadas asociadas con múltiples capas dentro de una escena tridimensional para generar la imagen compuesta actualizada), homografía de una sola capa (por ejemplo, donde se utiliza una sola imagen renderizada asociada con una sola capa dentro de una escena tridimensional para generar la imagen actualizada), homografía afín o ajustes basados en desplazamiento de píxeles.

Aunque los sistemas anteriores son compatibles con el ajuste de LSR, estos sistemas no pueden optimizar ese procesamiento de manera eficiente. Como resultado, estos sistemas presentan muchas desventajas asociadas con la duración de la batería. Las modalidades divulgadas pueden utilizarse para ayudar a resolver algunos de estos problemas al realizar ajustes selectivos de LSR para escenas de múltiples capas.

Escenas de múltiples capas generadas por computadora

Ahora, se analizarán las figuras 2 a 12. Brevemente, la figura 2 ilustra un sistema informático ejemplar que incluye varios componentes para optimizar el procesamiento de LSR en escenas generadas por computadora que incluyen múltiples capas. Las figuras 3 a 12 exponen diversas funcionalidades que están disponibles en las presentes modalidades.

Tal como se indicó anteriormente, la figura 2 ilustra un sistema informático 200 que incluye varios componentes (por ejemplo, un componente de generación de escena 210, un componente de LSR 220, un componente de creación de capas 230 y un componente de renderización 240). El sistema informático 200 es análogo al sistema informático 100 presentado en la figura 1. En algunas modalidades, el sistema informático 200 está configurado como un conjunto especializado de uno o más procesadores (por ejemplo, GPU). Los atributos adicionales del sistema informático 200 también se abordarán con relación a las figuras restantes.

En particular, el sistema informático 200 puede crear y renderizar una escena generada por computadora. Esta escena puede ser una escena de realidad mixta, aumentada o virtual. Tal como se abordó anteriormente, esta escena se genera con base en información que se adquirió previamente por uno o más componentes de *hardware* del sistema informático (por ejemplo, instrumentos de IMU, acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, sensores de profundidad, cámara, sensores infrarrojos, etcétera).

Algunas modalidades generan esta escena en respuesta a una primera postura pronosticada de una parte (por ejemplo, posiblemente el HMD) del sistema informático. Esta primera postura prevista es diferente de una postura determinada real adquirida previamente de la parte del sistema informático. En un esfuerzo por reducir la frecuencia con la cual se adquieren los datos de los componentes de *hardware* (cuyo proceso afecta la vida útil de la batería del sistema informático), las modalidades de la presente invención aumentan los datos de postura reales con datos de postura pronosticados o estimados por computadora. Al realizar este proceso de aumento, puede disminuirse cuán a menudo (es decir, la frecuencia) se obtienen los datos de postura a partir de los componentes de *hardware*. Este proceso de aumento reduce significativamente el consumo eléctrico. Para esclarecer aún más la idea, se asume que el sistema informático recopila los datos de postura a partir de los diversos componentes de *hardware* (por ejemplo, los instrumentos de IMU abordados anteriormente) con cierta frecuencia. Las modalidades presentes reducen la frecuencia con la cual se recopilan estos datos reales/existentes al aumentar los datos de postura reales con los datos de postura pronosticados. En consecuencia, tal como se aborda a lo largo de esta divulgación, las presentes modalidades pueden pronosticar la postura de un dispositivo informático con base en 1) determinaciones de postura reales previamente adquiridas y 2) estimaciones con respecto a un comportamiento actual y/o futuro del usuario (por ejemplo, mediante el seguimiento del movimiento corporal u de otras características).

Continuando con el análisis, el componente de generación de escena 210 puede crear una escena que incluye una pluralidad de fotogramas de entrada, como el fotograma de entrada 310 mostrado en la figura 3. El uso del término “fotograma de entrada” se correlaciona con el término “escena”, es decir, la escena en realidad está compuesta por una pluralidad de fotogramas de entrada que se presentan a un usuario que lleva puesto un HMD. Tal como se muestra adicionalmente en la figura 3, el fotograma de entrada 310 incluye una capa de primer plano 320 (“capa FG”) y una capa de segundo plano 330 (“capa BG”). La capa FG 320 y la capa BG 330 se crean por el componente de creación de capa 230. En algunas situaciones, la capa FG 320 se renderiza de acuerdo con una primera resolución, mientras la capa BG 330

se representa de acuerdo con una segunda resolución. A modo de ejemplo, la capa FG 320 puede incluir un objeto (por ejemplo, un árbol) que parece estar visualmente más cerca de un usuario, mientras la capa BG 330 puede incluir un paisaje (por ejemplo, montañas en el segundo plano distante) que parece estar más lejos del usuario. Debido a que la capa BG 330 incluye contenido que parece estar visualmente “más lejos” del usuario, el contenido en la capa BG 330 puede renderizarse a una menor resolución.

En otras situaciones, el sistema informático 100 es compatible con la renderización foveada. En vista de esta renderización foveada, la capa FG 320 puede colocarse en el área de mayor resolución (es decir, el área fovea) mientras la capa BG 330 puede colocarse en un área de mucho menor resolución (por ejemplo, un borde o región periférica de la escena).

El componente de LSR 220 puede realizar el procesamiento de LSR en la capa FG 320 y la capa BG 330. En algunos casos, el procesamiento de LSR que se aplica a la capa FG 320 es diferente del procesamiento de LSR que se aplica a la capa BG 330. Esta diferencia en el procesamiento de LSR entre la capa FG 320 y la capa BG 330 puede deberse a una amplia variedad de razones. A modo de ejemplo y no de limitación, la diferencia puede deberse a una diferencia en la profundidad determinada entre la capa FG 320 y la capa BG 330. El movimiento del HMD también puede afectar el posicionamiento/renderización del componente FG de manera diferente al posicionamiento/renderización de los componentes BG.

En este punto, un ejemplo será útil. Utilizando el ejemplo anterior, se asume que la escena que se le presenta al usuario incluye un árbol que está cerca y un paisaje montañoso distante. Ahora, se asume que el usuario mueve su posición o de otro modo cambia su orientación. En respuesta al cambio de posición del usuario, será necesario actualizar la escena de realidad mixta. En este caso, vale la pena señalar que el cambio en el efecto visual del árbol, que está mucho más cerca del usuario, será significativamente mayor que cualquier cambio en el paisaje montañoso distante debido a la diferencia en la profundidad percibida. Como resultado, el procesamiento de LSR para cada capa puede ser diferente.

Después de que el procesamiento de LSR se aplica a las diversas capas de la escena (por ejemplo, la capa FG 320 y la capa BG 330), el sistema informático combina las capas para formar una capa unificada, como la capa unificada 340 en la figura 3. Dicho de otro modo, la capa FG 320 y la capa BG 330 (después de someterse al procesamiento de LSR) se componen juntas para formar la capa unificada 340. Para garantizar que las capas se visualicen correctamente en la escena (por ejemplo, para garantizar que las capas se visualicen con la profundidad y orientación correctas entre sí), el sistema informático 200 también aplica una o más transformaciones a una o más de las capas. Estas transformaciones pueden aplicarse durante el procesamiento de LSR o durante el procesamiento compuesto. A modo de ejemplo, puede ser necesario cambiar el tamaño de una capa (es decir, dilatarla), rotarla, sesgarla o manipularla de otro modo, lo cual puede no ser necesario para las otras capas en la escena unificada. Para lograr esta manipulación selectiva, el sistema informático 200 aplica el tipo apropiado de transformación para permitir que la capa se renderice correctamente. Algunas de estas transformaciones incluyen una transformación homográfica, una transformación de imagen invertible, una transformación afín, un ajuste de desplazamiento de píxeles, transformaciones de procesamiento de profundidad y/o una transformación matricial. Después de componer las capas juntas, el componente de renderización 240 renderiza la capa unificada 340 en un

HMD.

Aunque la figura 3 ilustra una visualización abstracta de una escena de múltiples capas, las figuras 4 a 7 ilustran una implementación específica.

En particular, la figura 4 ilustra una primera capa 400 de una escena generada por computadora. Esta primera capa es análoga a la capa BG 330 en la figura 3. Esta primera capa 400 se ilustra como delimitada por una región delimitante 410. Esta región delimitante 410 se refiere a un área que es visible para un usuario que lleva puesto un HMD. Notablemente, sin embargo, la escena generada por computadora no está restringida a un solo punto de vista. En cambio, a medida que el usuario mueve posiciones o cambia la orientación, la vista que se presenta en el HMD cambiará con relación a la orientación del HMD (por ejemplo, aparecerá nuevo contenido mientras otro contenido desaparecerá de acuerdo con el movimiento del usuario). Como resultado, la primera capa 400 y la región delimitante 410 no deberían utilizarse para caracterizar o de otro modo limitar las capacidades del sistema informático 200.

Similar a la figura 4, la figura 5 ilustra una segunda capa 500 que puede visualizarse por el sistema informático 200. Esta segunda capa 500 es análoga a la capa FG 320 en la figura 3. La segunda capa 500 también se ilustra como que tiene una región delimitada 510. En este caso, vale la pena señalar que la segunda capa 500 es ligeramente diferente de la primera capa 400 de la figura 4. En particular, la segunda capa 500 incluye una o más porciones transparentes 520. Por transparente, se entiende que cualquier contenido colocado debajo de esta porción transparente 520 será visible aunque ese contenido interior no sea parte de la segunda capa 500. Como resultado, después de 1) el procesamiento de LSR de la segunda capa 500, 2) cualquier transformación, y/o 3) los procesos de composición que se aplican a la segunda capa 500 (y si la capa 500 todavía está dispuesta sobre otra capa para superponer esa otra capa), al menos parte de la capa inferior será visible a través de las porciones transparentes 520 de la segunda capa 500.

La figura 6 ilustra una escena de múltiples capas 600 presentada como una capa unificada y compuesta. Esta escena multicapa 600 se crea por el componente de generación de escena 210. La escena de múltiples capas 600 incluye una primera capa 610, que es análoga a la primera capa 400 en la figura 4, y una segunda capa 620, que es análoga a la segunda capa 500 en la figura 5. Dicho de otro modo, esta capa unificada 600 es un compuesto de múltiples capas. Tal como se ilustra adicionalmente en la figura 6, la segunda capa 620 incluye una o más porciones transparentes 630, que son análogas a las porciones transparentes 520 en la figura 5. En este caso, vale la pena señalar que una parte de la primera capa 610 puede verse a través de la porción transparente 630 de la segunda capa 620. Para esclarecer la idea, la segunda capa 620 es una capa que se colocó encima de la primera capa 610. Como resultado, la segunda capa 620 ocluye, u ofusca, varias porciones de la primera capa 610. Sin embargo, debido a que la segunda capa 620 incluye las porciones transparentes 630, ciertas porciones de la primera capa 610 son visibles a través de las porciones transparentes 630 de la segunda capa 620 (al menos mientras el usuario está en esta postura particular). Si el usuario entonces cambiara de posición u orientación, entonces otras porciones de la primera capa 610 serán visibles a través de las porciones transparentes 630 de la segunda capa 620. Las porciones visibles están directamente relacionadas con la postura del usuario.

La figura 7 es similar a la figura 6 pero incluye una capa adicional, la capa 710. En particular, la figura 7 ilustra una escena de capas múltiples 700 que es similar a la escena de múltiples capas 600 en la figura 6. Ahora, sin embargo, la escena de múltiples capas 700 incluye una capa adicional, la capa 710 (es decir, el árbol). La capa 710 está posicionada para superponerse a las otras capas en la escena de capas múltiples 700. Notablemente, una porción de la capa 710 obstruye algunas de las porciones transparentes de una capa inferior (es decir, la casa). Como resultado, la capa 710 obstruye varias porciones de las otras capas (por ejemplo, el árbol cubre la ventana, la ventana cubre la montaña, pero la montaña puede visualizarse a través de la ventana debido a que la ventana es transparente, pero el árbol también cubre una parte de la montaña).

Tal como se abordó anteriormente, las diversas capas pueden experimentar el mismo o diferente procesamiento de LSR, dependiendo del procesamiento de LSR que se realice y de los movimientos detectados del HMD. En el peor de los casos, todos los píxeles en todas las capas se someten al procesamiento de LSR. Utilizando como ejemplo la figura 3, el peor de los casos ocurriría si todos los píxeles de la capa BG 330 y todos los píxeles de la capa FG 320 se someten al procesamiento de LSR.

En un esfuerzo por mejorar la eficiencia del procesamiento de LSR, algunas de las modalidades presentes prefiltran al menos algunos de los píxeles en las diversas capas de una escena de múltiples capas. Un método de prefiltro de píxeles es mediante el uso de una máscara de píxeles: Puede definirse una máscara de píxeles por fila y columna en los bordes superior, inferior, izquierdo y derecho de una capa particular. Tal como se aludió en el análisis anterior, esta máscara de píxeles puede utilizarse para eliminar el procesamiento en píxeles, algunos de los cuales pueden no contribuir significativamente a la calidad de la imagen (por ejemplo, píxeles que se encuentran en una región del borde del visualizador). Este proceso de prefiltro permite omitir parte del procesamiento de LSR para píxeles individuales e incluso para grandes extensiones de píxeles. Este proceso de prefiltro generalmente se visualiza en la figura 8.

En particular, la figura 8 muestra que puede aplicarse una máscara de píxeles a una (o más) capas (por ejemplo, la capa BG 330 de la figura 3). Al aplicar la máscara de píxeles, no es necesario realizar el procesamiento de LSR, o más bien puede omitirse/excluirse, en los píxeles que se identificaron por la máscara de píxeles, operados por la máscara de píxeles o que de otra manera corresponden a la máscara de píxeles.

Si bien la figura 8 divulgó el uso de una máscara de píxeles, también pueden utilizarse otros tipos de operaciones para prefiltrar los píxeles. A modo de ejemplo y sin limitación, una máscara vectorial también puede utilizarse para prefiltrar algunos de los píxeles (por ejemplo, identificar píxeles para omitir la LSR).

Otras modalidades reducen o eliminan la computación de LSR en cada ubicación de píxeles al aplicar un marco delimitante alrededor de ciertas capas. Esta funcionalidad de marco delimitante se visualiza en la figura 9. En particular, este marco delimitante se utiliza para definir un área que abarca completamente una determinada capa (o una subregión dentro de una capa) dentro de una imagen de salida (es decir, una escena renderizada). Cuando se utiliza este marco delimitante, las diversas modalidades eliminan todos los cálculos fuera del marco a medida que cambia la imagen de salida (por

ejemplo, cuando el usuario cambia de posición u orientación y la escena se ajusta en consecuencia). Tal como se ilustra en este fragmento de texto, se utiliza un marco delimitante para identificar y aislar una subregión dentro de una capa particular. Después de aislar esta subregión, entonces el sistema informático 200 aplica el procesamiento de LSR a esta subregión mientras antes aplica el procesamiento de LSR a las regiones restantes en esa capa. Como resultado, el sistema informático 200 determina selectivamente a qué áreas de una capa se tendría que aplicar el procesamiento de LSR.

Tal como se abordó anteriormente, cuando un usuario cambia de posición u orientación, las capas deberán ajustarse en consecuencia para reflejar ese cambio de posición u orientación. A modo de ejemplo, si el usuario se mueve hacia su derecha, las diferentes capas deberán ajustarse para reflejar el nuevo punto de vista del usuario. Aquí el uso de un ejemplo resultará esclarecedor. Supongamos que el usuario está viendo la escena de múltiples capas 700 de la figura 7. A medida que el usuario se mueve hacia su derecha, cambiará la vista del usuario del árbol, casa y paisaje montañoso. En particular, las nuevas áreas del árbol y de la casa probablemente serán visibles. También cambiará la vista del usuario del árbol y la casa con relación al paisaje montañoso. Por el contrario, la vista del paisaje montañoso, que está muy alejado del usuario, probablemente no cambiará en absoluto, y si lo hace, el cambio probablemente será extremadamente pequeño para que no se note. Debido a que el árbol está más cerca del usuario que la casa, se notarán más cambios visuales con respecto al cambio de perspectiva para el árbol que con respecto a la casa. En consecuencia, el sistema informático es compatible con la aplicación de diferentes procesamientos de LSR en las diferentes capas y que puede activarse al detectar ciertos umbrales de movimiento para las diferentes capas. Pueden aplicar activadores independientes a las determinaciones de umbral separadas para cada capa.

Continuando con el análisis, para realizar este ajuste en respuesta al cambio de posición del usuario, el sistema informático 200 aplica selectivamente diversas transformaciones a las capas. Estas transformaciones se aplican durante el procesamiento de LSR y/o durante un proceso compuesto posterior. Una de esas transformaciones, tal como se mencionó brevemente antes, es una transformación de imagen invertible. Este tipo de transformación determina las esquinas de una capa (por ejemplo, posiblemente utilizando el marco delimitante de la figura 9) utilizando técnicas de resolución de imagen. Esta transformación se invierte para determinar el punto en la capa unificada (es decir, la imagen de salida) que corresponde a la esquina superior izquierda de la imagen de entrada, tal como se muestra actualmente en la figura 10. Se realizan cálculos similares para determinar a los otros asistentes. Una vez que se identifica la capa, puede manipularse de varias maneras (por ejemplo, estirarse, contraerse, inclinarse, etcétera). Tal como se abordó anteriormente, otros tipos de transformaciones incluyen transformaciones homográficas, transformaciones afines, ajustes de desplazamiento de píxeles, transformaciones de procesamiento de profundidad y transformaciones de matriz.

En este caso, vale la pena señalar que no todas las transformaciones son fácilmente invertibles. Por ejemplo, los movimientos a gran escala pueden realizarse con una transformación matricial. Sin embargo, pueden realizarse ajustes más pequeños utilizando otras transformaciones (por ejemplo, transformaciones de procesamiento de profundidad). Para tener en cuenta estas transformaciones, algunas

modalidades imponen una región de separación alrededor del marco delimitante generado previamente. Esta región de separación se ilustra en la figura 11 y puede utilizarse para ayudar a mezclar las diversas capas para formar una capa unificada cohesiva y visualmente atractiva.

En muchos casos, como cuando un HMD es compatible con la renderización foveada, una capa de segundo plano quedará completamente obstruida por una capa de primer plano después de realizar una pequeña cantidad de fusión. Las modalidades actuales aprovechan situaciones como estas al reducir, o incluso eliminar por completo, la cantidad de procesamiento que se aplica a esas porciones obstruidas. Por ejemplo, la figura 12 muestra una capa de primer plano que es opaca y que obstruye una porción de la capa BG inferior. Para las porciones de la capa inferior que están ocultas por las regiones opacas de una capa superior, pueden omitirse los cálculos de LSR y puede reducirse el consumo de batería.

Después de analizar un sistema informático que optimiza el procesamiento de LSR en una escena de múltiples capas, la divulgación ahora presentará varios métodos ejemplares para optimizar el procesamiento de LSR. En particular, el siguiente análisis se refiere a una serie de métodos y acciones de métodos que pueden realizarse. Aunque las acciones del método pueden abordarse en un cierto orden o ilustrarse en un diagrama de flujo como si ocurrieran en un orden particular, no se requiere ningún orden particular a menos que se indique específicamente, o se requiera debido a que una acción depende de que otra acción se complete antes de que la acción se realice.

Aplicación selectiva del procesamiento de reproyección en subregiones de capa

La figura 13 ilustra un método ejemplar 1300 que se realiza por un sistema informático, como el sistema informático 200 de la figura 2. En particular, el método 1300 incluye una acción (acción 1310) para generar una escena que incluye una o más capas.

En este caso, vale la pena señalar que en algunos casos, una capa completa puede estar compuesta de un solo elemento, de modo que el elemento es la capa. Utilizando como ejemplo la figura 5, toda la capa 500 está compuesta solo por el elemento individual de la casa. En otros casos, sin embargo, una capa puede estar compuesta de múltiples elementos. A modo de ejemplo y no de limitación, la figura 4 ilustra que la capa 400 incluye un paisaje montañoso, una carretera, el cielo y posiblemente una pradera. En este caso, el paisaje montañoso puede considerarse un elemento distinto, la carretera puede considerarse un elemento distinto, etcétera. Por lo tanto, en algunos casos, la capa 400 se compone de múltiples elementos distintos. En otras modalidades, sin embargo, no existe tal distinción entre elementos en una capa.

En algunas modalidades, la escena se genera con base en varias posturas de una porción (por ejemplo, el HMD) de un sistema informático. Para clarificar la idea, las posturas incluyen posturas reales determinadas por los instrumentos de IMU, así como posturas pronosticadas determinadas por el comportamiento estimado y el movimiento anticipado. En este caso, el componente de generación de escena 210 genera la escena de la manera descrita anteriormente. Más adelante en la presente divulgación se describirá esta funcionalidad con mayor detalle.

Algunas modalidades configuran esta escena para la renderización foveada. En particular, estas

modalidades utilizan tecnología de seguimiento ocular para seguir los movimientos oculares del usuario. Entonces, estas modalidades renderizan la escena de modo que al menos una de las capas se presente como cerca de una fovea del ojo del usuario, mientras otras capas no se presenten como cerca de la fovea del ojo del usuario. De manera correspondiente, si las modalidades distinguen entre elementos dentro de una capa, entonces los elementos también se presentan de acuerdo con técnicas de renderización foveada.

El método 1300 también incluye una acción (acción 1320) de identificación de una subregión dentro de una o más capas. Esta subregión se distingue de al menos otra región en una o más capas. En este caso, el componente de creación de capa 230 manipula y de otra manera distingue subregiones dentro de las diversas capas.

En algunas modalidades, el proceso de identificación de esta subregión también incluye identificar 1) un elemento particular dentro de una o más capas y 2) una delimitación de búfer alrededor del elemento particular. Por lo tanto, en estas modalidades, la subregión incluye tanto el elemento en sí mismo como la delimitación de separación alrededor del elemento. En contraste, otras modalidades no incluyen tal delimitación de separación alrededor de la subregión.

En el ejemplo anterior, la capa 400 en la figura 4 se compone de múltiples elementos (por ejemplo, el elemento de paisaje montañoso, el elemento de carretera, etcétera). Algunas modalidades seleccionan un elemento completo (por ejemplo, el elemento de carretera) para que sirva como subregión. Alternativamente, sin embargo, la subregión identificada puede ser una porción de capa generalizada sin ninguna relación particular con un elemento.

En algunas modalidades, el elemento particular se identifica en respuesta a la detección de un umbral de movimiento particular que se cumplió o excedió para el elemento con respecto al HMD relativo, que no se cumplió para el movimiento relativo de otros elementos/capas con respecto al HMD.

El método 1300 incluye entonces una acción (acción 1330) para aislar la subregión identificada de al menos otra región de una o más capas. Similar a la etapa anterior, el componente de creación de capa 230 también realiza esta acción. Este aislamiento se realiza de varias maneras. Por ejemplo, este aislamiento se realiza al aplicar una máscara de píxeles o una máscara vectorial a una o más capas. Tal como se detalló anteriormente, también puede aplicarse una región de separación alrededor de esta subregión aislada. Esta región de separación se crea de la manera descrita anteriormente en esta divulgación.

Continuando con el ejemplo anterior, se asumen que el elemento de carretera se selecciona como la subregión. Este elemento de carretera se distingue de las otras regiones en la capa 400 (por ejemplo, las otras regiones incluyen al menos el elemento de paisaje montañoso). Para distinguir el elemento de carretera, las modalidades aíslan el elemento de carretera de las otras regiones mediante el uso de una máscara de píxeles, una máscara vectorial, un marco delimitante, etcétera.

Por último, la figura 13 muestra una acción (acción 1340) para aplicar el procesamiento de reproyección de etapa avanzada a la subregión aislada mientras se evita la aplicación del procesamiento de reproyección de etapa avanzada a al menos otra región de una o más capas. A modo de ejemplo, el componente de LSR 220 realiza el procesamiento de LSR de la manera descrita anteriormente. En algunas

modalidades, el procesamiento de LSR incluye una o más transformaciones para transformar una o más capas o elementos dentro de una o más capas. Estas transformaciones incluyen una transformación homográfica, una transformación afín, una transformación de imagen invertible, un ajuste de desplazamiento de píxeles, una transformación de procesamiento de profundidad, una transformación matricial o cualquier otro tipo de transformación de imagen (estiramiento, inclinación, dilación, rotación, etcétera). Además, una o más transformaciones se aplican a una o más capas (o elementos dentro de esas capas) en respuesta a una determinada postura pronosticada de una porción (por ejemplo, el HMD) del sistema informático. En este caso, vale la pena señalar que en algunas escenas de múltiples capas, el procesamiento de LSR se aplica a todos los píxeles en una capa, mientras el procesamiento de LSR se aplica solo a un subconjunto de píxeles en una capa diferente. Sin embargo, en otras situaciones, el procesamiento de LSR se aplica a todos los píxeles en todas las capas. Esta situación suele ser el peor escenario posible.

Continuando con el ejemplo anterior, después de seleccionar el elemento de carretera para el aislamiento, las modalidades realizan el procesamiento de LSR en ese elemento de carretera. Por ejemplo, se asume que el usuario cambia su posición u orientación de alguna manera (por ejemplo, posiblemente el usuario pasa de una posición de pie a una posición sentada). Es probable que las porciones de la carretera más alejadas del usuario no cambien mucho en perspectiva o vista. Sin embargo, las porciones de la carretera más cercanas al usuario probablemente cambien significativamente en perspectiva en respuesta al cambio de posición del usuario, excediendo así un umbral de movimiento en la distancia y/o aceleración total. En respuesta a esta nueva postura, estas modalidades realizan el procesamiento de LSR en el elemento identificado (por ejemplo, la carretera o la porción particular de la carretera).

Tal como se indicó anteriormente, este procesamiento de LSR también puede incluir la aplicación selectiva de diversas transformaciones. En este caso, deberán aplicarse ciertas transformaciones al elemento de carretera para garantizar que su visualización se renderice correctamente en respuesta al cambio de posición del usuario. Por ejemplo, la porción de la carretera más cercana al usuario probablemente tendrá que estirarse, inclinarse o manipularse de otro modo para garantizar que la carretera esté correctamente alineada y percibida por el usuario. Como resultado, el procesamiento de LSR que se aplica a la subregión identificada (por ejemplo, el elemento de carretera en la capa 400) puede ser diferente al procesamiento de LSR que se aplica a las regiones restantes dentro de esa capa (por ejemplo, posiblemente ningún procesamiento de LSR se aplicó al elemento de paisaje montañoso debido a que se percibe que ese elemento está muy alejado del usuario y cambiará muy poco en respuesta a los cambios de posición del usuario).

En escenas que incluyen múltiples capas, una porción de una capa (por ejemplo, una capa superior) se superpondrá con una porción de una capa inferior. Como resultado, la porción de la capa superior ofusca una porción ofuscada de la capa inferior. En tales escenas de múltiples capas, la subregión identificada puede incluirse dentro de la porción de la capa superior que ofusca la porción ofuscada de la capa inferior. En este caso, vale la pena señalar que la subregión identificada, en algunos casos, incluirá una porción transparente (por ejemplo, la porción transparente 630 de la figura 6). En estas situaciones, la

porción de la capa inferior que está situada debajo de la porción transparente de la subregión se podrá ver a través de la porción transparente, incluso después de aplicar el procesamiento de LSR.

En consecuencia, las modalidades son compatibles con la aplicación selectiva de procesamiento de LSR en subregiones de capa de una escena de múltiples capas.

Aplicación selectiva del procesamiento de reproyección a escenas de múltiples capas

La figura 14 ilustra otro método ejemplar 1400 que se realiza por un sistema informático, como el sistema informático 200 en la figura 2, donde cada elemento de escena puede comprender una capa diferente.

Inicialmente, el método 1400 incluye una acción (acción 1410) para generar una escena que incluye una pluralidad de capas. En este caso, el componente de generación de escena 210 y el componente de creación de capa 230 trabajan en conjunto para generar escenas de múltiples capas. Al igual que anteriormente, esta escena puede incluirse como parte de una escena de realidad mixta, aumentada o virtual.

En algunas modalidades, esta escena se genera en respuesta a varias posturas de una parte (por ejemplo, el HMD) del sistema informático. Estas posturas incluyen 1) posturas reales determinadas por los instrumentos de IMU y 2) posturas pronosticadas con base en el comportamiento del usuario (por ejemplo, el comportamiento tanto histórico como actual) y el movimiento anticipado. Cuando se genera una postura pronosticada, se basa en las determinaciones de postura anteriores. Además, los datos de postura pronosticados se utilizan para aumentar los datos de postura reales de modo que el sistema informático reduzca la frecuencia con la que adquiere datos de sus instrumentos de IMU de *hardware*. Al reducir la frecuencia con la que se recopilan los datos, las modalidades prolongan la vida útil de la batería del sistema informático.

Pueden generarse múltiples determinaciones de postura. Por ejemplo, algunas modalidades generan una pluralidad de determinaciones de postura pronosticadas para un punto particular en el tiempo (por ejemplo, diez estimaciones de postura diferentes para el tiempo X), donde cada determinación de postura pronosticada es una estimación de cómo se posicionará el HMD en ese punto temporal. Estas modalidades asignan una probabilidad de realización a cada una de esas determinaciones de postura pronosticadas (por ejemplo, la postura Y tiene un 52% de probabilidad de realizarse, la postura Z tiene un 35% de probabilidad de realizarse, etcétera). Esta probabilidad se determina con base en 1) el comportamiento histórico del usuario, 2) los movimientos actuales del usuario y/o 3) los eventos que están ocurriendo actualmente o que ocurrirán pronto en la escena (por ejemplo, la aplicación de *software* determina que un nuevo enemigo pronto aparecerá en la escena en una ubicación y momento particulares y la aplicación de *software* estima que el usuario reaccionará a esa nueva aparición al realizar un cierto movimiento). Después de que se completan las determinaciones de probabilidad, las modalidades seleccionan la postura pronosticada de mayor clasificación y continúan con las siguientes operaciones.

Otras modalidades generan una pluralidad de determinaciones de postura pronosticadas de una manera diferente. En este caso, en lugar de generar una pluralidad de determinaciones de postura

pronosticadas para un solo punto temporal, estas modalidades basan las determinaciones de postura pronosticadas sucesivas en determinaciones de postura pronosticadas previas. Para clarificar esta idea, se asume que el sistema informático recopila datos de postura reales a una frecuencia determinada, posiblemente cada 20 ms (este número es solo un ejemplo y no debe considerarse como una métrica limitante y puede ser más o menos de 20 ms). Notablemente, sin embargo, la escena puede necesitar actualizarse a un ritmo más rápido. Como resultado, estas modalidades aumentan los datos de postura reales con los datos de postura pronosticados. Para llevar a cabo lo anterior, estas modalidades generan una primera postura pronosticada con base al menos parcialmente en los datos de postura reales y renderizan la escena con base en esa primera postura pronosticada. Después, las modalidades generan una segunda postura pronosticada con base al menos parcialmente en la primera postura pronosticada y entonces renderizan la escena con base en esa segunda postura pronosticada. Este proceso continúa, donde una postura pronosticada sucesiva se basa en una postura pronosticada previa, hasta que el sistema informático vuelva a adquirir datos de postura reales. Como resultado, las posturas pronosticadas sucesivas son diferentes de una postura determinada real adquirida previamente de la parte del sistema informático. En algunas situaciones (y en respuesta a las diversas posturas pronosticadas), el procesamiento de LSR que se aplica a las múltiples capas de la escena se aplica a todos los píxeles de esas capas. Sin embargo, en otras situaciones, el procesamiento de LSR se aplica solo a un subconjunto de píxeles dentro de una o más capas.

El método 1400 también incluye una acción (acción 1420) para aplicar el procesamiento de LSR a una primera capa en la pluralidad de capas. En este caso, el componente LSR 220 aplica el procesamiento de LSR a las capas. Notablemente, algunas modalidades aplican el procesamiento de LSR solo a un subconjunto identificado de píxeles dentro de una capa particular (por ejemplo, posiblemente algunos de los píxeles se prefiltraron fuera de la capa de la manera descrita anteriormente en esta divulgación) mientras otras modalidades aplican el procesamiento de LSR a todos los píxeles de las múltiples capas.

El método 1400 también incluye una acción (acción 1430) para aplicar el procesamiento de LSR a una segunda capa en la pluralidad de capas. El procesamiento de LSR aplicado a esta segunda capa se realiza independientemente del procesamiento de LSR de la primera capa. Además, el procesamiento de LSR aplicado a la segunda capa incluye una o más transformaciones (por ejemplo, una transformación de imagen invertible y/o una transformación matricial). Estas transformaciones se aplican a la segunda capa pero no se aplican a la primera capa. Las diferentes transformaciones que se aplican a la primera capa y a la segunda capa pueden diferir, con base en la detección de diferentes atributos de las diferentes capas y/o de la detección de que se han alcanzado o no se han alcanzado diferentes umbrales de movimiento para las diferentes capas. Los parámetros almacenados y accesibles definen cuándo deben aplicarse diferentes transformaciones a diferentes capas.

Las transformaciones adicionales también pueden aplicarse durante un proceso compuesto posterior que se describirá más adelante. Por lo tanto, las transformaciones de imagen pueden aplicarse a las capas en varios momentos diferentes. Similar a la acción anterior, el componente de LSR 220 aplica este procesamiento de LSR. Como resultado, el componente de LSR 220 puede aplicar diferentes

procesamientos de LSR a diferentes capas en diferentes momentos.

En este caso, vale la pena señalar que puede aplicarse una amplia variedad de transformaciones a las capas. Además de las transformaciones mencionadas anteriormente (es decir, transformaciones homográficas, transformaciones afines, transformaciones de imagen invertible, transformaciones de procesamiento de profundidad, transformaciones de desplazamiento de píxeles, transformaciones matriciales, etcétera), las transformaciones también incluyen 1) una traslación, 2) una reflexión, 3) una rotación, o 4) una transformación de dilación. Pueden aplicar varias otras transformaciones para cambiar otras características de una capa. A modo de ejemplo, se asume que en respuesta al cambio de posición de un usuario, debe introducirse un nuevo resplandor o reflejo en la escena (por ejemplo, posiblemente el sistema informático determina que la luz solar ahora debería reflejarse en la ventana de la casa en la figura 5 y debe proyectarse en los ojos del usuario). Este nuevo resplandor o reflejo afectará la forma en la cual el usuario ve la escena, en particular los aspectos de color y de transparencia de las diversas capas. Como resultado, el color o la transparencia de las diversas capas de la escena pueden necesitar alterarse. Por lo tanto, además de las transformaciones de tamaño, una o más transformaciones también incluyen transformaciones de color y de transparencia.

El método 1400 también incluye una acción (acción 1440) para crear una capa unificada. Esta capa unificada se crea mediante la composición de las diversas capas juntas (por ejemplo, la segunda capa transformada con la primera capa). En este caso, el componente de creación de capa 230 crea esta capa unificada.

Algunas modalidades realizan esta composición al generar una región de separación alrededor de la segunda capa de la manera que se describió previamente en esta divulgación. Además, la composición de la segunda capa transformada con la primera capa puede provocar que la segunda capa transformada se solape con una porción de la primera capa. Como resultado, la segunda capa transformada ofusca al menos parcialmente una porción de la primera capa. Sin embargo, algunas de las capas pueden incluir porciones transparentes. Debido a estas porciones transparentes, el contenido que está debajo de las porciones transparentes puede verse a través de las porciones transparentes.

Finalmente, el método 1400 incluye una acción (acción 1450) para renderizar la capa unificada. Esta capa unificada puede renderizarse en un HMD. En este caso, el componente de renderización 240 renderiza la capa unificada.

Algunas modalidades admiten la renderización foveada en el HMD para que la capa unificada se renderice utilizando técnicas de renderización foveada. Para clarificar esta idea, si el sistema informático subyacente incluye un HMD, la renderización de la capa unificada se realiza al renderizar la capa unificada en el HMD.

Aunque no se muestra en la figura 14, otras modalidades incluyen acciones de prefiltrado de píxeles de las diversas capas. Por ejemplo, algunos píxeles de la primera capa pueden prefiltrarse a partir de otros píxeles de la primera capa. Alternativamente, algunos píxeles de la primera capa pueden prefiltrarse a partir de píxeles de una capa diferente (por ejemplo, en el caso de una capa compuesta unificada). Este proceso de prefiltrado se realiza al aplicar una máscara de píxeles o una máscara vectorial. En estas modalidades,

al menos algunos de los píxeles prefiltrados se identifican como píxeles de borde. Se determina que estos píxeles de borde contribuyen menos a la calidad de la escena que los píxeles no filtrados filtro o no de borde. Debido a que estos píxeles contribuyen menos a la calidad de la escena, las modalidades optimizan la duración de la batería al omitir el procesamiento de LSR en estos píxeles.

Otras modalidades generan posturas pronosticadas adicionales de la parte (por ejemplo, el HMD) del sistema informático. Estas modalidades crean una nueva capa unificada al volver a componer la segunda capa con la primera capa. En algunos casos, la porción de la primera capa que antes se podía ver a través de una porción transparente de la segunda capa ahora se ofusca en respuesta a los cambios de orientación asociados con la próxima postura pronosticada. Ahora, una nueva porción de la primera capa que originalmente no se podía ver a través de la porción transparente de la segunda capa se vuelve visible a través de la porción transparente en respuesta a los cambios de orientación asociados con la próxima postura pronosticada (por ejemplo, una nueva vista del paisaje montañoso a través de la ventana mostrada en la figura 6 ahora puede verse).

Algunas modalidades también determinan cuándo una porción previamente solapada de una primera capa todavía se solapa con una segunda capa incluso en respuesta a la siguiente postura prevista de la parte del sistema informático (por ejemplo, la porción del paisaje montañoso cerca del fondo de la casa en la figura 6 todavía se superpone). En respuesta, estas modalidades omiten el procesamiento de LSR de la porción superpuesta de la primera capa. Para clarificar esta idea, las modalidades aplican el procesamiento de LSR a algunas porciones de la primera capa mientras se abstienen de aplicar el procesamiento de LSR a la porción superpuesta de la primera capa que todavía está solapada por la segunda capa. Como resultado, las modalidades determinan dinámicamente cuándo el procesamiento de LSR es evitable y optimizan eficientemente la vida útil de la batería del sistema informático al omitir el procesamiento de LSR durante esas instancias evitables.

Se apreciará que si bien la mayor parte de esta divulgación enfatiza la generación de datos de postura con base en una postura de un HMD, este no siempre será el caso. Por ejemplo, las modalidades divulgadas también pueden generar datos de postura relacionales entre un HMD y un diferente dispositivo sobre el cuerpo (por ejemplo, un dispositivo portátil, un dispositivo para el pie, un dispositivo para el pecho, etcétera) o incluso un dispositivo que no está colocado sobre el cuerpo de un usuario (por ejemplo, una estación base que se coloca en una habitación y que se utiliza para mejorar aún más la experiencia de realidad mixta al asignar y detallar el contenido de la habitación). Por lo tanto, además de generar una escena con base en la postura del HMD, las modalidades también pueden generar la escena con base en una relación entre el HMD y los diversos dispositivos en el cuerpo y/o base. Aquí, el uso de un breve ejemplo resultará útil. Asumiendo que el usuario lleva puesto un HMD y sostiene un dispositivo portátil. Cuando se encuentra inmerso en una escena, puede visualizarse una pistola láser como unida al brazo del usuario. Para calcular la orientación y la postura correctas de la pistola láser, el sistema informático se basa en los datos de postura recopilados tanto del HMD como del dispositivo portátil. Por consiguiente, las modalidades abordadas en el presente documento no se limitan a generar una escena con base en únicamente en los datos de postura adquiridos de un HMD. Por el contrario, las modalidades también

pueden generar una escena con base en los datos de postura recopilados de otros tipos de dispositivos en el cuerpo y/o dispositivos base.

En consecuencia, esta divulgación presentó sistemas, dispositivos de almacenamiento de *hardware* y métodos que optimizan el procesamiento de LSR para escenas generadas por computadora que incluyen múltiples capas. Algunas modalidades provocan que el procesamiento de LSR se aplique selectivamente a varias subregiones de la capa. Otras modalidades provocan que el procesamiento de LSR se aplique selectivamente a escenas de múltiples capas. Como resultado de estos procesos, las modalidades presentadas en el presente documento optimizan y aplican selectivamente el procesamiento de LSR y, por lo tanto, pueden ayudar a conservar la energía que de otro modo se consumiría con el procesamiento universal de LSR.

La presente invención puede estar representada en otras formas específicas sin apartarse de su esencia o características. Las modalidades descritas se deben considerar en conjunto solo por su carácter ilustrativo y no de un carácter restrictivo. Por tanto, el alcance de la invención se indica en virtud de las reivindicaciones adjuntas más que por la descripción anterior. Todos los cambios que vienen dentro de la definición y rango de equivalencia de las reivindicaciones se deben reconocer dentro de su alcance.