

Realidad virtual y aumentada

Francisco Ramos

PID_00194192



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción.....	5
1. Caracterización de un sistema de realidad virtual.....	9
1.1. Introducción	9
1.2. Caracterización	10
1.2.1. Interactividad	10
1.2.2. Ilusión de realidad	11
1.2.3. Tridimensionalidad	12
1.2.4. Capacidad de síntesis	12
1.3. Arquitectura de un sistema de realidad virtual	13
1.4. Dispositivos de salida	14
1.4.1. Dispositivos de salida para sistemas inmersivos	14
1.4.2. Dispositivo de salida para sistemas proyectivos	15
1.4.3. Nuevas tendencias	16
1.4.4. Técnicas de estereoscopia	16
1.4.5. Otros	16
1.5. Dispositivos de entrada	17
1.5.1. Localización	17
1.5.2. Control	17
1.5.3. Nuevas tendencias	18
1.6. Secuencia de tareas de un sistema de realidad virtual	18
1.7. Tendencias futuras	19
2. Técnicas de visualización.....	23
2.1. El pipeline gráfico	23
2.1.1. Arquitectura	23
2.1.2. Funcionamiento	25
2.1.3. Consideraciones	26
2.2. Librerías de programación de gráficos por ordenador	27
2.2.1. Direct X	27
2.2.2. OpenGL	28
3. Técnicas de seguimiento e interacción.....	30
3.1. Introducción	30
3.2. Taxonomía	31
3.3. Sistemas basados en sensores	31
3.3.1. Sensores mecánicos	32
3.3.2. Sensores inerciales	32
3.3.3. Sensores acústicos	33
3.3.4. Sensores magnéticos	33
3.3.5. Sensores ópticos	33

3.3.6. Sensores de radio y microondas	34
3.4. Sistemas basados en visión	34
4. Caracterización de un sistema de realidad aumentada.....	36
4.1. Introducción	36
4.2. Caracterización	37
4.2.1. Aumentación visual, auditiva y táctil	38
4.2.2. Portabilidad	39
4.3. Registro: problemática y errores	39
4.4. Localización	40
4.5. Aplicaciones	40
4.5.1. Medicina	40
4.5.2. Reparación y mantenimiento	41
4.5.3. Anotación	41
4.5.4. Planificación de tareas de robots	41
4.5.5. Entretenimiento y publicidad	42
4.6. Tendencias futuras	42

Introducción

1) Definiciones

a) Realidad virtual

Un sistema de realidad virtual es aquel que proporciona al usuario la experiencia de estar inmerso en un entorno sintético. La realidad virtual también se caracteriza por ofrecer la ilusión de participación en este entorno sintético, en lugar de ofrecer simplemente una observación externa de este. Es decir, es una experiencia inmersiva y multisensorial.

En otras palabras, es un sistema interactivo que permite sintetizar un mundo tridimensional creando en el usuario la ilusión de realidad.

Más formalmente, la realidad virtual es un concepto que se aplica a entornos de simulación por ordenador que pueden crear la **sensación de presencia física** en lugares existentes y/o imaginarios.

Actualmente, la mayoría de los entornos de realidad virtual implementan sistemas de experiencia visual en pantallas estándar de ordenador o mediante dispositivos estereoscópicos, aunque también existen sistemas que incorporan más información sensorial con el uso de altavoces o micrófonos, por ejemplo. Últimamente, han aparecido sistemas de realidad virtual que incluyen información táctil en aplicaciones como videojuegos. Por otro lado, tal y como se ha comentado, la realidad virtual también contempla la interacción con los mundos virtuales, lo que permite que los usuarios experimenten una inmersión mayor gracias a la utilización de dispositivos de entrada estándar, como el ratón o el teclado, o incluso dispositivos más avanzados, como guantes o cintas de correr especialmente diseñadas para interactuar con estos sistemas.

Los entornos virtuales pueden ser generados para crear una experiencia realista o totalmente imaginaria, como ocurre en los simuladores de los coches de fórmula 1 o en los videojuegos futuristas, respectivamente. Por otra parte, la creación de un entorno virtual con el máximo realismo es actualmente una línea de investigación. Esto se debe principalmente a las limitaciones tecnológicas actuales en cuanto a ancho de banda en las comunicaciones, resolución de las imágenes y capacidad de procesamiento. No obstante, la tecnología avanza muy rápidamente y cada vez se obtienen mejores resultados.

b) Realidad aumentada

La realidad aumentada trata de “aumentar” el mundo real con información virtual para mejorar el conocimiento y las sensaciones del usuario.

Combina elementos virtuales con el mundo real. Hay tres características fundamentales y comunes en los sistemas de realidad aumentada:

- 1) la combinación del entorno del mundo real con elementos generados por ordenador,
- 2) la interactividad en tiempo real y
- 3) escenas en 3D.

Llegados a este punto, podemos decir que la principal diferencia entre la realidad virtual y la realidad aumentada es que en la primera el mundo real es **sustituido** por otro simulado y en la segunda la vista de la realidad es **modificada** mediante el ordenador, proporcionando una percepción mejorada de esta.

Normalmente, el proceso de aumentación es en tiempo real y se produce en un contexto determinado. Con la ayuda de la tecnología, la información del mundo real que el usuario está viendo se ve complementada con información artificial que se superpone a ella.

Actualmente, la realidad aumentada es un campo de investigación muy activo. La investigación actual se centra principalmente en la combinación de escenas o imágenes generadas por ordenador con vídeos en tiempo real como vía de mejora de percepción del mundo real. La tecnología de realidad aumentada incluye dispositivos de visualización, como cascos montados en la cabeza y pantallas de mezcla óptica, así como construcción de entornos mediante diferentes tipos de sensores y actuadores.

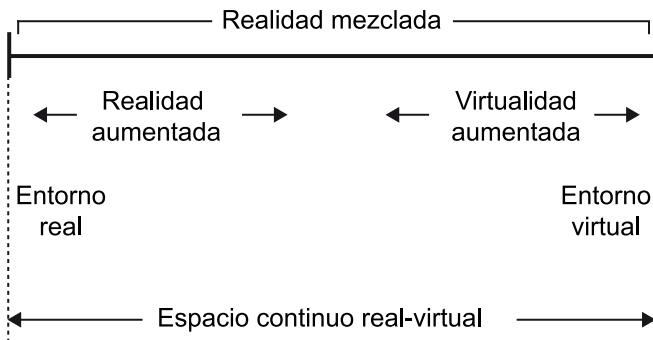
c) Realidad mezclada

El término *realidad mezclada*, podéis ver la figura 1, fue definido por Paul Milgram y Fumio Kishino en 1994, quienes describían la realidad mezclada como un espacio continuo que va desde el entorno real hasta el entorno virtual. Dentro de este intervalo podemos encontrar la realidad aumentada, más cerca del entorno real, y la virtualidad aumentada, más cerca del entorno virtual.

Lectura recomendada

P. Milgram; A. F. Kishino (1994). *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays* IEICE Transactions on Information and Systems (núm. 12, pág. 1321-1329). E77-D.

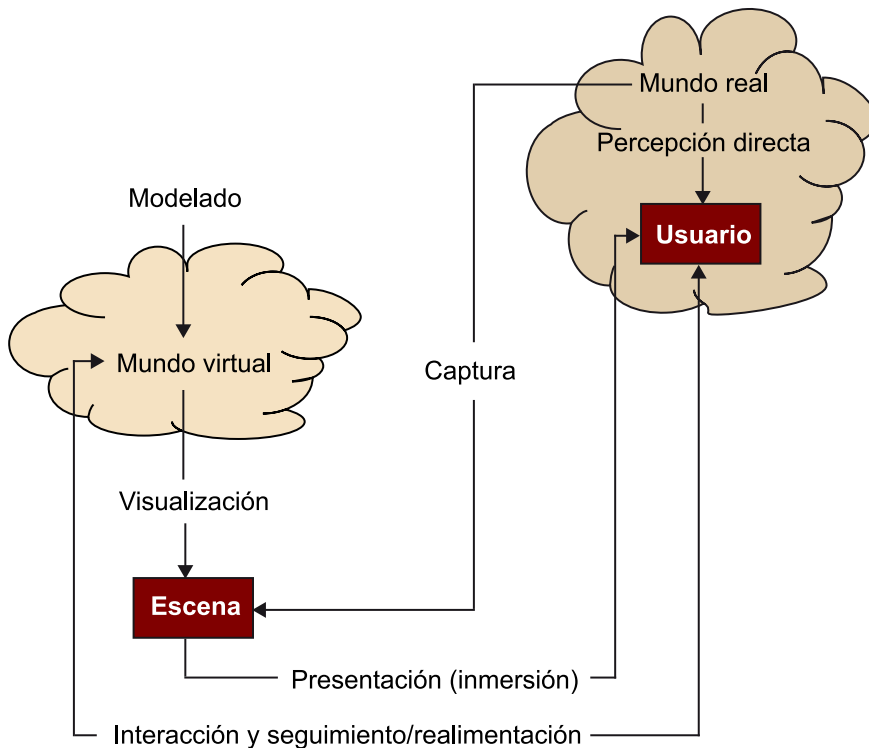
Figura 1. Realidad mezclada como un espacio continuo



2) Problemática común

En la figura 2 se presenta un diagrama de bloques en el que se intenta representar las partes que intervienen en la implementación de un sistema de realidad virtual y de realidad aumentada. Según el tipo de sistema que finalmente se lleva a cabo, determinados elementos pueden desaparecer. Esta figura servirá de esquema para explicar las diferentes partes de este material.

Figura 2. Esquema de un sistema de realidad virtual y de realidad aumentada



3) Organización de los contenidos

El contenido de este módulo está dividido en varias partes.

Después de la introducción, en el apartado 1, veremos una caracterización de un sistema de realidad virtual, sus funciones, su arquitectura, los dispositivos básicos que intervienen en él y sus aplicaciones.

El apartado 2 tratará sobre las técnicas de visualización actuales, con una explicación del pipeline gráfico actual y las dos librerías de programación de gráficos por ordenador más populares: OpenGL y DirectX.

En el apartado 3 profundizaremos en las técnicas de seguimiento e interacción repasando diferentes tipos de sistemas que se utilizan actualmente.

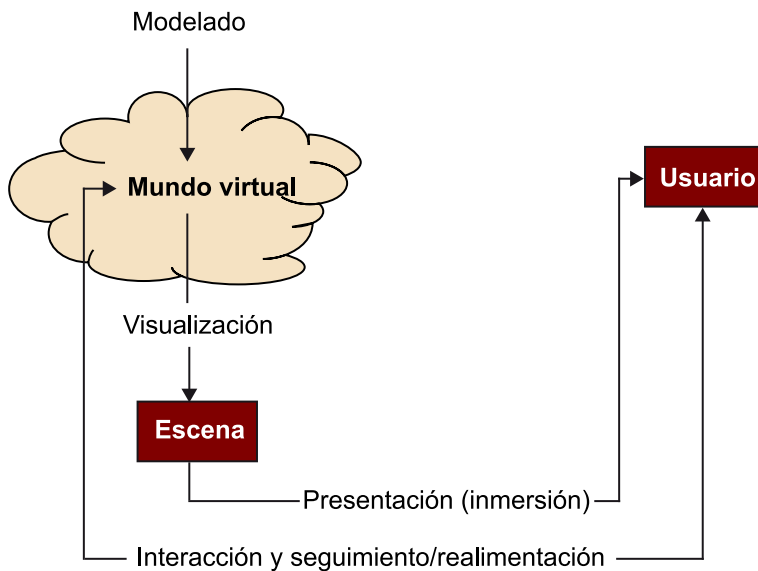
Posteriormente, caracterizaremos los sistemas de realidad aumentada y estudiaremos la problemática particular de estos sistemas.

1. Caracterización de un sistema de realidad virtual

1.1. Introducción

En la figura 3 podemos ver un esquema representativo de los bloques operativos que intervienen en un sistema de realidad virtual. Podemos observar el modelado, que representa los objetos 3D que formarán parte del mundo virtual. Este mundo, compuesto por objetos estáticos y dinámicos, se presenta al usuario, quien podrá interactuar con el mundo cambiando el flujo de información que recibe.

Figura 3. Bloque funcional de un sistema de realidad virtual



Por ejemplo, en la figura 4, se muestra una captura de un videojuego funcionando en un dispositivo móvil (GT Racing: Motor Academy). Los videojuegos son ejemplos clásicos de sistemas de realidad virtual, aunque van apareciendo progresivamente videojuegos que podemos clasificar como sistemas de realidad aumentada.

En la figura que nos ocupa podemos observar árboles, montañas, coches, es decir, elementos de la escena 3D que se han diseñado y creado previamente, es lo que denominamos modelado. Todos estos elementos se disponen en el mundo virtual y se les asigna un comportamiento, que puede ser estático (árboles, montañas) o dinámico (coches, público animando). Posteriormente, se presenta al usuario una determinada vista de la escena mediante un dispositivo de visualización, en este caso un móvil. En este momento el usuario puede interactuar con el mundo y cambiar el comportamiento de ciertos objetos, como el coche. Estos cambios se gestionan en el mundo virtual y el usuario recibe finalmente la respuesta a su interacción.

Es importante enfatizar que lo que se ha descrito es un breve resumen de todo lo que sucede en un sistema de realidad.

Figura 4. Aplicación representativa de un sistema de realidad virtual



Videojuego de carreras en un dispositivo móvil.

1.2. Caracterización

Un sistema de realidad virtual presenta varias características que hay que definir y explicar. En este apartado se definirán algunos conceptos muy importantes en sistemas de realidad virtual y, como se verá posteriormente, en sistemas de realidad aumentada.

1.2.1. Interactividad

Formalmente, la interactividad es la capacidad de un elemento para cambiar el flujo de información que proporciona un sistema (podéis ver la figura 5). Hay que aclarar que la interactividad es una cualidad, y es independiente de que se utilice o no.

Por ejemplo, un videojuego es interactivo independientemente de que un usuario juegue o no.

Tal y como se definió en la introducción, el usuario debe poder actuar sobre el entorno virtual. Estas interacciones se producen haciendo uso de los periféricos de entrada, también conocidos como sensores.

Figura 5. Interacción de usuarios con un videojuego



A medida que interactúan, cambia el flujo de información que reciben.

1.2.2. Ilusión de realidad

El usuario ha de sentir la sensación de inmersión en el sistema de realidad virtual, es decir, debe percibir la ilusión de que está viviendo una realidad. Esta ilusión de realidad, aparte de los factores fisiológicos y psicológicos, se intenta obtener mediante el uso de periféricos de salida. Un ejemplo de periférico de salida es la CAVE (podéis ver la figura 6).

Figura 6. Usuario integrado en un dispositivo de tipo CAVE (*cave automatic virtual environment*)



1.2.3. Tridimensionalidad

Los objetos se representan en tres dimensiones (podéis ver la figura 7), ya sean objetos estáticos de la escena o dinámicos. Esto supone una fase previa de modelado que es muy importante para dotar de realismo la escena que se quiere representar.

Figura 7. Escena 3D interactiva creada con 3D Studio e integrada utilizando el motor de juegos Ogre3D



1.2.4. Capacidad de síntesis

Las imágenes que recibe finalmente el usuario se generan en tiempo real a partir de una representación del mundo virtual que varía según la posición y orientación de este (podéis ver la figura 8).

Seguimiento

El proceso de saber cuál es la posición y la orientación del usuario se conoce con el nombre de *seguimiento*.

Figura 8. Usuario navegando en un mundo virtual mediante una interfaz táctil

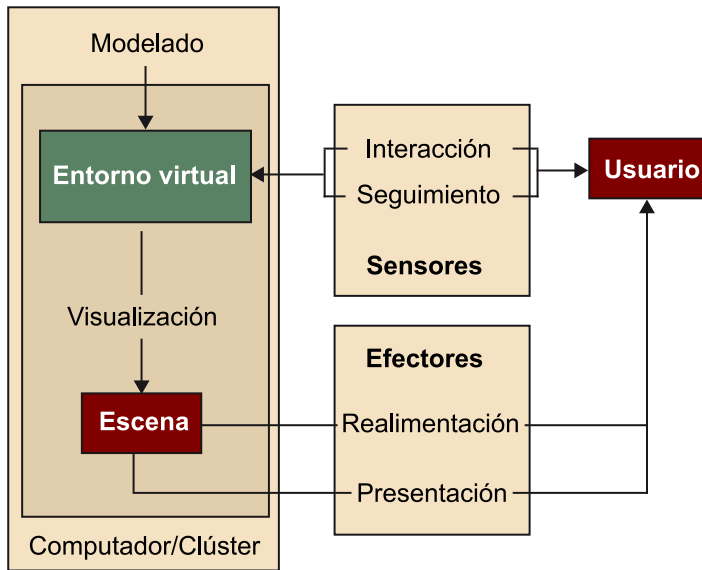


1.3. Arquitectura de un sistema de realidad virtual

En la figura 9 se puede observar la arquitectura típica de un sistema de realidad virtual. Como ya se ha comentado anteriormente, fundamentalmente, tenemos el modelado –que se compone de los elementos 3D que formarán parte de la escena–, los sensores (o también llamados dispositivos de entrada), que permitirán la interacción y navegación por el mundo virtual, y los efectores (o dispositivos de salida), que facilitarán la inmersión del usuario. En general, los efectores presentan al usuario el entorno virtual, de manera visual, auditiva, táctil, etc. Por otra parte, los sensores permiten localizar al usuario o usuarios y a la vez, que este o estos controlen la aplicación y puedan navegar por ella.

En los siguientes apartados presentaremos los diferentes dispositivos de entrada y salida para este tipo de sistemas.

Figura 9. Arquitectura de un sistema de realidad virtual



1.4. Dispositivos de salida

En este apartado trataremos los dispositivos de salida más comunes de los sistemas de realidad virtual, aunque también pueden intervenir en un sistema de realidad aumentada.

1.4.1. Dispositivos de salida para sistemas inmersivos

Los sistemas inmersivos de realidad virtual con frecuencia se relacionan en un ambiente tridimensional creado por ordenador, el cual se manipula mediante diferentes dispositivos periféricos que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano.

Un ejemplo de ello son los **videocascos** (podéis ver la figura 10). Estos aíslan al usuario del mundo real, dando una mayor sensación de realidad a la simulación. Así, los videocascos aumentan la sensación de inmersión dentro del mundo virtual, pero, por contra, dificultan las acciones del usuario, puesto que impiden la visión del mundo real y, puntualmente, producen fatiga y mareos.

1.4.3. Nuevas tendencias

En la actualidad, existen nuevos dispositivos que eliminan las desventajas de los anteriores mediante el uso de estereoscopia, que trataremos en el siguiente apartado, y de localización. Dos ejemplos de esto son los que se muestran en la figura 11: sistemas de panorama y un sistema CAVE.

Figura 11



De izquierda a derecha, sistema CAVE y panorama.

1.4.4. Técnicas de estereoscopia

Las técnicas de estereoscopia generan una imagen para cada ojo del usuario (podéis ver la figura 12). Esto permite ver el mundo en 3D reforzando la sensación de realidad. En general, crea la ilusión de profundidad en una imagen. Esta ilusión de profundidad en una fotografía, película u otra imagen bidimensional es creada presentando una imagen ligeramente diferente para cada ojo, como sucede en nuestra manera habitual de recoger la realidad.

Figura 12



De izquierda a derecha. Imagen estereoscópica, la parte roja va al ojo izquierdo y la parte azul al derecho. Usuario utilizando gafas estereoscópicas en un entorno virtual.

1.4.5. Otros

En esta categoría se clasifican los dispositivos especializados que pueden completar la información visual y auditiva. Son ejemplos de ello las plataformas móviles y los dispositivos táctiles, también conocidos como hápticos. La tecnología háptica está ganando aceptación como parte de los sistemas de realidad virtual, añadiendo el sentido del tacto a las soluciones que típicamente han sido únicamente de visualización. Actualmente, se está trabajando mucho en este campo y se están desarrollando sistemas con interfaces hápticas para el modelado 3D, proporcionando al diseñador la experiencia visual de modelar interactivamente.

1.5. Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada, en los sistemas de realidad virtual, tienen dos funciones principales:

- transmitir órdenes al sistema de manera voluntaria y
- solicitar información de manera automática.

Las características distintivas que proporcionan las últimas tecnologías son la localización del usuario y el control.

1.5.1. Localización

Los dispositivos de localización permiten calcular la posición y orientación de los objetos en el espacio tridimensional a partir de la posición y orientación del usuario.

En general, se aplican de cuatro modos:

- detección de la orientación del observador,
- detección de la posición del observador,
- control de la aplicación y
- digitalización de objetos.

1.5.2. Control

Los dispositivos de control permiten al usuario controlar la aplicación e interactuar con el mundo virtual.

Se pueden dividir en tres categorías:

- navegación,
- interacción y
- manipulación.

Existen muchos dispositivos pertenecientes a cada categoría. Incluso hay dispositivos que pertenecen a dos categorías, como los electroguantes (o *wired gloves*) de la figura 13. Dentro de estas categorías podemos clasificar los siguientes dispositivos:

- ratones,
- *joysticks*,
- sistemas biométricos para medir las señales generadas por el cuerpo humano,
- sensores específicos para simuladores de vuelos, de coches, etc.

Figura 13. Electroguantes o *wired gloves*

Fuente: <http://www.flickr.com/photos/darkphibre/227765144/>

1.5.3. Nuevas tendencias

Progresivamente van apareciendo en el mercado otros tipos de dispositivos que tienen funciones muy variadas, como la adquisición de datos y el reconocimiento de órdenes habladas, el reconocimiento de imágenes para el reconocimiento óptico de gestos, los controladores de fuerza y giro, similares al *joystick*, pero con retroalimentación cinestésica *force-feedback* (podéis ver la figura 14), etc.

Figura 14. Sistema de realidad virtual que utiliza un dispositivo de entrada con controlador de fuerza y giro



1.6. Secuencia de tareas de un sistema de realidad virtual

Un sistema de realidad virtual debe realizar una serie de tareas, unas sencillas y otras complejas. A continuación, se dará una **secuencia típica** de un sistema de este tipo. La secuencia de acciones se plantea a alto nivel, es decir, todas implican acciones más complejas. Aun así, el objetivo es proporcionar una visión global de estas tareas. Por tanto, podemos secuenciar las tareas de este modo:

- 1) Captura de las acciones del usuario.
- 2) Lectura de los sensores externos (dispositivos de entrada).
- 3) Cálculo de la posición y la orientación del usuario.
- 4) Evaluar el comportamiento de los objetos.
- 5) Calcular las interacciones entre los objetos.
- 6) Actualizar el estado de los objetos.
- 7) Síntesis gráfica del entorno.
- 8) Actuación sobre los efectores (dispositivos de salida).
- 9) Volver a la tarea 1.

1.7. Tendencias futuras

El concepto de realidad virtual no es nuevo y ya hace mucho tiempo que se definió. Hasta hace muy poco, estos sistemas se han dedicado a la simulación y al entrenamiento. Hoy en día, la clave de la popularización de los sistemas de realidad virtual es su aplicabilidad. Podemos encontrar muchos tipos de aplicaciones y a continuación detallamos algunas.

1) **Arquitectura.** Una de las aplicaciones más obvias de la realidad virtual es la navegación en entornos arquitectónicos. Estos tipos de aplicación permiten al usuario explorar una escena 3D en tiempo real, mostrando exactamente aquello que el usuario quiere inspeccionar bajo demanda.

Figura 15



Fuente: Cortesía de la escuela de arte de la Universidad de Carolina

Web recomendada

Navegación en una aplicación de arquitectura: <http://www.cs.unc.edu/walk/>

2) **Visualización.** Las aplicaciones de visualización se parecen mucho al prototipo de navegación de las aplicaciones de arquitectura. De hecho, podemos ver la navegación para entornos arquitectónicos como un tipo particular de las

aplicaciones de visualización. La realidad virtual muestra su potencial cuando se visualizan datos complejos que tienen información de volumen o incluso en datos abstractos que son multidimensionales (podéis ver la figura 16).

Figura 16. Aplicación de visualización



3) Entretenimiento. Otro caso muy destacado de uso de la realidad virtual lo podemos encontrar en el mercado del entretenimiento. En la actualidad, es la mayor aplicación en términos de rentabilidad financiera. Muchas empresas están produciendo videojuegos que utilizan los principios de la realidad virtual. El mercado de usuarios potenciales es enorme y explica por qué estos tipos de aplicaciones son tan importantes.

4) Producción industrial. El uso de la realidad virtual en el área de producción industrial de coches incluye la simulación del túnel de viento, muy utilizado en los prototipos de fórmula 1 y de aerodinámica. Otros usos son los que se muestran en la figura 17, como estudios de ergonomía. Los diseñadores son capaces de probar la ubicación de varios componentes dentro del coche, de modo que el conductor pueda acceder y manipular fácilmente todos los controles que lo rodean. Este tipo de prototipado virtual es un método muy eficiente y barato para crear pruebas y ajustar los detalles de fabricación antes de la producción física.

Figura 17. Estudio ergonómico en la producción de coches



Fuente: Michigan Virtual Reality Lab. <http://www-vrl.umich.edu/project/automotive/> Michigan Virtual Reality Lab

5) Realidad aumentada. Estos tipos de aplicaciones tienen un potencial muy grande, puesto que incorporan un valor añadido a los problemas comerciales actuales. Un sistema de realidad aumentada, al contrario que uno de realidad virtual, está construido para mezclar el mundo virtual con el real que rodea al usuario. En la figura 18 podemos ver cómo un usuario puede utilizar un sistema de realidad aumentada para informarse mejor de ciertos productos, e incluso para comprar. Esta nueva tendencia, la realidad aumentada, la veremos en el apartado 4 de este módulo.

Figura 18. Ejemplo de compra en línea utilizando un sistema de realidad aumentada



Fuente: Layar. <http://www.layar.com>

Un aspecto predominante en estas aplicaciones es el hecho de que todas intentan mejorar un sistema que ya está funcionando en su área de aplicación. El uso de la realidad virtual es efectivo cuando aporta algún aspecto nuevo, cuando añade valor a la experiencia global, manteniendo la viabilidad y utilidad del producto, lo que es, en general, una recomendación válida para cualquier sistema de realidad virtual.

Otros sectores de aplicación

Otros sectores en los que se ha aplicado con éxito la realidad virtual son el arte, la educación, el entrenamiento y la medicina.

Para que una aplicación de realidad virtual tenga éxito, debe añadir contenido a la información presentada al usuario.

Muy a menudo, podemos observar aplicaciones de realidad virtual muy pobres, centradas solo en impresionar visualmente al usuario con colores y animaciones. La mayoría de las veces, estos sistemas tienen una vida corta puesto que no fueron creados para resolver un determinado problema, sino para impresionar con la tecnología.

Así pues, es importante plantearse ciertas cuestiones antes de emprender el desarrollo de una aplicación de realidad virtual; cuestiones como: ¿cómo mejora mi aplicación si utilizo técnicas de realidad virtual en lugar de otros métodos? o ¿es la realidad virtual la mejor manera de manipular mis datos?

Contestar a estas cuestiones no resulta siempre trivial. Muchas veces, los gráficos en dos dimensiones, o incluso el texto, pueden ser la mejor manera de comunicar una determinada información. Las aplicaciones que manipulan volúmenes, espacios o que requieren que el usuario se oriente en un ambiente volumétrico son buenas candidatas a ser creadas a partir de los principios de la realidad virtual.

2. Técnicas de visualización

2.1. El pipeline gráfico

En este apartado se presenta lo que se considera el componente principal de la visualización de gráficos en tiempo real o, lo que es lo mismo, el **pipeline gráfico**.

La principal función del pipeline gráfico es generar, o renderizar, una imagen 2D a partir de una cámara virtual, objetos 3D, fuentes de luz, texturas, etc. Así, el pipeline gráfico es la herramienta fundamental para la visualización de gráficos en tiempo real.

Las ubicaciones y formas de los objetos en la imagen están determinadas por su geometría, características del entorno y ubicación de la cámara en este entorno. La apariencia de los objetos viene dada por el material que los compone, fuentes de luz y texturas.

2.1.1. Arquitectura

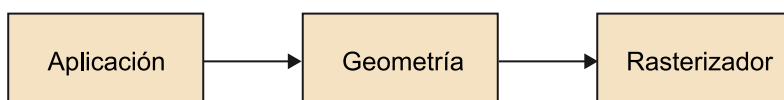
En el mundo físico, el concepto de pipeline está presente de muchos modos, desde las líneas de ensamblaje de una fábrica hasta los ascensores de una estación de esquí. El mismo principio se aplica al pipeline gráfico.

Para entender el concepto de pipeline, usaremos el ejemplo de un oleoducto (*oil pipeline*). En este pipeline, el aceite no puede pasar de la primera fase o etapa a la segunda hasta que el aceite que está en la segunda fase pase a la tercera, y así sucesivamente. Esto implica que la velocidad del pipeline está determinada por la fase más lenta, independientemente de la rapidez de las demás fases.

Actualmente, se intenta que las fases de un pipeline sean independientes para que se puedan ejecutar en paralelo, y no secuencialmente. No obstante, si todas las fases de un pipeline se pueden ejecutar en paralelo, hecho no siempre posible, el tiempo que tarda el pipeline en ejecutarse entero vendrá determinado por el tiempo de la fase más lenta.

Por ejemplo, si la fase de colocación de volantes en una línea de montaje de coches dura tres minutos y el resto de las etapas dos minutos, el rendimiento máximo al que puede llegar este sistema es el de producir un coche cada tres minutos, y las otras etapas estarán paradas durante un minuto mientras la fase de colocación del volante acaba. En este pipeline en particular, la fase de colocación del volante se considera el cuello de botella (*bottleneck*), puesto que determina la velocidad de la producción entera.

Figura 19. Construcción básica del pipeline gráfico formado por tres fases: aplicación, geometría y rasterizador



Cada fase incluye un pipeline propio.

Este tipo de construcción de pipeline también se puede encontrar en el contexto de los gráficos por ordenador en tiempo real. En la figura 19 se muestra una división a alto nivel del pipeline de visualización en tiempo real (*real-time rendering pipeline*) en tres etapas conceptuales:

- aplicación,
- geometría y
- rasterizador.

Esta estructura es básica y se utiliza en las aplicaciones de gráficos por ordenador en tiempo real como las comentadas en los apartados anteriores. Normalmente, cada una de estas fases contiene un pipeline propio, que incluye subetapas.

Como ya hemos señalado, es la **etapa de pipeline** más lenta la que determina la velocidad del pipeline. En el caso del pipeline gráfico, la fase más lenta determina la velocidad de visualización (*rendering speed*), la ratio de actualización de las imágenes en el dispositivo de visualización. Esta velocidad se puede expresar en fotogramas por segundo (fps), es decir, número de imágenes visualizadas por segundo, aunque también se puede representar en hercios¹ (Hz), que es simplemente la notación por 1/segundos, la frecuencia de actualización.

Siguiendo la figura 19, tal y como informa el nombre, la **etapa de aplicación** la gestiona la aplicación y, por lo tanto, la implementa el software que se ejecuta en las CPU de propósito general. Normalmente, estas CPU incluyen múltiples núcleos (*cores*) que tienen la capacidad de procesar muchos hilos de ejecución en paralelo. Esto permite que las CPU ejecuten eficientemente la amplia variedad de tareas que son responsabilidad de la etapa de aplicación.

La siguiente etapa es la de **geometría**, que gestiona las transformaciones, proyecciones, etc. Esta etapa calcula qué se visualizará, cómo y dónde se debería visualizar. La etapa de geometría se procesa, normalmente, en una unidad de procesamiento gráfico (GPU, podéis ver la figura 20) que contiene muchos núcleos programables y hardware para operaciones fijas. Finalmente, la etapa de rasterización renderiza una imagen utilizando los datos que las etapas anteriores han generado y también procesa cálculos a nivel de píxel, si se requiere.

⁽¹⁾ Los fotogramas por segundo (fps) se utilizan para expresar el rendimiento medio durante un cierto tiempo. El hercio se utiliza más para el hardware, como pantallas, y tiene una ratio fija.

Tiempo de generación de una imagen

El tiempo que una aplicación utiliza para generar una imagen puede variar sustancialmente, puesto que se ve directamente afectado por la complejidad de los cálculos realizados en cada fotograma.

Tareas que se ejecutan en la CPU

Tradicionalmente, algunas de estas tareas que se ejecutan en la CPU incluyen la detección de colisiones, algoritmos de aceleración, animación, simulaciones físicas y otras muchas, dependiendo del tipo de aplicación.

Figura 20. Modelo de GPU: NVidia GeForce GTX 560



Cada fase incluye un pipeline propio.
Fuente: <http://www.flickr.com/photos/nvidia/5710631809>

2.1.2. Funcionamiento

Los puntos, las líneas y los triángulos son las primitivas de dibujo que componen los modelos u objetos que renderizar. Supongamos que tenemos una aplicación interactiva de CAD (*computer aided design*) y que el usuario está examinando el diseño (o modelo) de un dispositivo móvil. Ahora seguiremos este modelo por el pipeline gráfico, descrito anteriormente, que consiste en tres etapas: aplicación, geometría y rasterización. La escena se renderiza con perspectiva en una ventana de la pantalla. En este ejemplo, el modelo del teléfono incluye líneas y triángulos. Algunos de los triángulos están texturizados con una imagen 2D para representar el teclado y la pantalla.

1) Aplicación

Las aplicaciones CAD permiten al usuario seleccionar y mover partes del modelo.

- Por ejemplo, el usuario podría seleccionar la parte superior del teléfono y entonces mover el ratón para rotarlo. La etapa de aplicación debe informar del movimiento del ratón al sistema gráfico.
- Otro ejemplo podría ser el movimiento de una cámara a lo largo de una ruta predefinida para mostrar el teléfono desde diferentes puntos de vista. Los parámetros de la cámara, como la posición y la dirección de la vista, deben ser actualizados por la aplicación. Por cada fotograma que renderizar, la etapa de aplicación informa de la posición de la cámara, iluminación y primitivas del modelo a la siguiente etapa: geometría.

Las operaciones de posicionamiento, rotación y escala se llevan a cabo mediante el uso de operaciones básicas de álgebra, como pueden ser la multiplicación de vectores y matrices. En esta etapa, aplicación, se calculan los valores de posicionamiento, rotación y escala que tendrá la matriz de transformación.

2) Geometría

En esta etapa, la geometría del objeto se transforma multiplicando sus vértices y normales, que son vectores, por la matriz de transformación calculada en la etapa anterior. Una vez posicionados todos los objetos, se procesan sus vértices utilizando las propiedades del material y condiciones de iluminación. Después se produce la proyección, transformando el objeto a un espacio cúbico de una unidad. Todas las primitivas fuera de este espacio se descartan. Los vértices se mapean a una ventana de la pantalla. Posteriormente, se procesan las operaciones a nivel de polígono y el resultado se envía al rasterizador.

3) Rasterización

En esta etapa, las primitivas se rasterizan, es decir, se convierten en píxeles en la ventana de la pantalla. Cada línea y triángulo visible de cada objeto entra al rasterizador, preparado por la conversión. Aquellos triángulos que tienen asociada una textura se renderizan con esta textura aplicada. Cada objeto se procesa y la imagen final se muestra en pantalla.

2.1.3. Consideraciones

Este pipeline gráfico es el resultado de años de evolución de las API y del hardware gráfico en el ámbito de las aplicaciones de visualización en tiempo real (*real-time rendering applications*). Es importante destacar que no es el único pipeline gráfico. Los pipelines gráficos *off-line* han evolucionado mucho. El proceso de renderización para la producción de películas se lleva a cabo con otros tipos de pipelines.

Durante muchos años, para los desarrolladores de aplicaciones la única manera de utilizar el proceso descrito anteriormente fue mediante el **pipeline de función fija** disponible en la API gráfica en uso.

El nombre de pipeline de función fija proviene del hecho de que el hardware gráfico que lo implementa está formado por elementos que no pueden ser programados de manera flexible. Algunas partes se pueden activar o desactivar pero no es posible crear programas para controlar el orden en el que las funciones se aplican en las etapas.

Lecturas recomendadas

Robert L. Cook; Loren Carpenter; Edwin Catmull (1987). "The Reyes image rendering architecture". *SIGGRAPH Comput. Graph.* (vol. 4, núm. 21, agosto, pág. 95-102).

Eric Tabellion; Arnauld Lamorlette (2004). "An approximate global illumination system for computer generated films". En: Joe Marks (ed.). *Papers (SIGGRAPH '04)*, pág. 469-476). Nueva York: ACM.

Ejemplo

El último ejemplo de una máquina de función fija es la Wii de Nintendo.

Las GPU programables hacen posible determinar exactamente las operaciones que hay que aplicar en diferentes etapas del pipeline. Aunque el estudio del pipeline de función fija es interesante para conocer aspectos básicos del pipeline, los nuevos desarrollos y tendencias apuntan a las GPU programables.

2.2. Librerías de programación de gráficos por ordenador

2.2.1. Direct X

Microsoft DirectX es una colección de interfaces de programación de aplicaciones (API) para gestionar tareas relacionadas con multimedia, especialmente, videojuegos y vídeo, en las plataformas Microsoft (podéis ver la figura 21).

Originalmente, los nombres de estas API empezaban por Direct, como Direct3D, DirectDraw, DirectMusic, DirectPlay, DirectSound, etc.

El nombre de DirectX fue creado como un término para referirse a todas estas API y pronto fue adoptado como nombre general de esta colección de API.

Posteriormente, cuando Microsoft empezó a desarrollar una videoconsola, la X se utilizó como base del nombre de esta: Xbox, indicando que estaba basada en tecnología DirectX. La API de gráficos 3D dentro de DirectX se denomina Direct3D y se utiliza mucho en el desarrollo de videojuegos para plataformas Microsoft: Windows, Xbox y Xbox 360. Direct3D también se utiliza por otras aplicaciones software de visualización y gráficos, como aplicaciones CAD/CAM.

Para los programadores esta librería gráfica ofrece varios beneficios. Al poder hacer uso de estas librerías, que son una colección de archivos DLL, los desarrolladores no han de tomar en consideración todas las variables del entorno donde se estaría ejecutando la aplicación. Por ejemplo, el desarrollador no tiene que saber qué tarjeta gráfica o de audio tiene el usuario en el ordenador. DirectX es una capa intermedia que lleva toda la comunicación entre la aplicación y los componentes del ordenador.

DirectX incluye los siguientes componentes:

- DirectDraw - Gráficos 2D
- Direct3D - Gráficos 3D
- DirectSound - Sonido 2D
- DirectSound3D - Sonido 3D
- DirectMusic - Música
- DirectPlay - Red/Multiusuario

- DirectInput - Hardware de entrada, como el teclado, ratón, controles de juegos, etc.

Figura 21. Personajes de videojuego renderizados con DirectX 10 y 11, respectivamente



2.2.2. OpenGL

El desarrollo de OpenGL fue iniciado por Silicon Graphics. OpenGL es una librería formada por aproximadamente más de un centenar de mandos. Entre las principales acciones que podemos realizar mediante mandos OpenGL se incluyen la especificación de los objetos y las operaciones necesarias para producir aplicaciones interactivas en 3D.

OpenGL se ha diseñado de manera independiente al hardware para ser implementado sobre diferentes plataformas (Windows, Unix, etc.). Por este motivo, no hay mandos para ejecutar tareas como la gestión de ventanas o la lectura de datos de entrada del usuario. OpenGL tampoco provee de pedidos de alto nivel para describir modelos 3D. El modelo se debe construir a partir de primitivas geométricas simples, como puntos, líneas y polígonos.

OpenGL dispone de un conjunto de órdenes potente pero simple, que puede utilizar para crear órdenes de dibujo de más alto nivel. Se han desarrollado diferentes librerías que aumentan la potencia de OpenGL:

- OpenGL Utility Library (GLU). Contiene rutinas que utilizan mandos OpenGL a bajo nivel para ejecutar tareas como inicializar matrices de especificación de vistas, proyecciones, etc.
- OpenGL Utility Toolkit (GLUT). Como se ha indicado antes, OpenGL no provee funcionalidades para gestionar ventanas ni leer datos de un teclado o ratón. Para solucionarlo, surgen librerías como GLUT, dependientes del sistema operativo.

Observación

Cabe señalar que no hay ningún coste para el desarrollo de una aplicación que utiliza la API OpenGL.

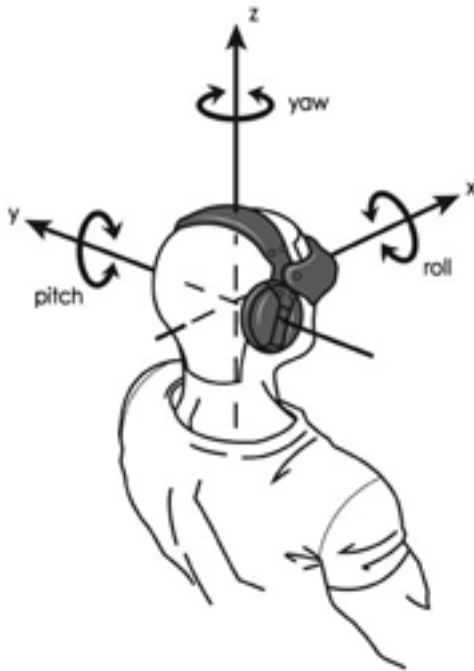
- The OpenGL Programming Guide Auxiliary Library fue desarrollada como apoyo didáctico del libro *OpenGL Programming Guide*, facilitando la implementación de ejemplos simples de programación en OpenGL.

3. Técnicas de seguimiento e interacción

3.1. Introducción

Los dispositivos de seguimiento son componentes intrínsecos de cualquier sistema de realidad virtual. Estos dispositivos se comunican con la unidad de procesamiento del sistema, informándola de la orientación del punto de vista del usuario. En los sistemas que permiten al usuario moverse dentro de un espacio físico, los dispositivos de seguimiento detectan dónde está el usuario, la dirección del movimiento y su velocidad.

Figura 22. Detección de seis grados de libertad (6-DOF)



Se utilizan varios tipos de sistemas de seguimiento en los sistemas de realidad virtual, pero todos ellos tienen algunas cosas en común. Se pueden detectar seis grados de libertad (6-DOF), que son: la posición del objeto dentro de las coordenadas X, Y y Z de un espacio y la orientación del objeto, donde la orientación incluye tres ángulos de un espacio 3D, como se muestra en la figura 22.

Desde la perspectiva del usuario, esto significa que cuando se utiliza un HMD (casco montado en la cabeza), la vista cambia cuando se mira hacia arriba, abajo, izquierda y derecha. También cambia si se inclina la cabeza en un ángulo o se mueve la cabeza hacia delante o hacia atrás sin cambiar el ángulo de la vista. El dispositivo de la HMD informa a la etapa de aplicación dónde se está mirando, y la CPU envía las imágenes correctas a las pantallas de la HMD.

Cada sistema de seguimiento tiene un dispositivo que genera una señal (por ejemplo, emisor), un sensor que detecta la señal y una unidad de control que procesa la señal y envía la información a la etapa de aplicación. Algunos sistemas requieren que se conecte el sensor al usuario (o al equipo del usuario). En este tipo de sistema, se colocan los emisores de señal en puntos fijos del entorno. Algunos sistemas están al revés, con el usuario llevando los emisores mientras está rodeado por sensores colocados dentro del entorno, como sería el caso del casco.

3.2. Taxonomía

Los sistemas de seguimiento se pueden clasificar según consideremos el tipo de entorno o la tecnología. Según el tipo de entorno pueden ser interiores o exteriores, y según la tecnología pueden ser basados en sensores o en visión. En la tabla 1 se puede ver un resumen de esto.

En las siguientes secciones analizaremos los sistemas según la perspectiva de la tecnología, es decir, según si están basados en sensores o en visión.

		Entorno	
		Exterior	Interior
Tecnología	Sensores	Experimental. Trabajos con GPS de precisión y sensores inerciales.	Grandes infraestructuras. Sistemas magnéticos, ópticos, ultrasonido, etc.
	Visión	Técnicas de detección de características en la imagen.	Posibilidad de preparar el entorno con marcadores.

3.3. Sistemas basados en sensores

Los sistemas basados en sensores pueden utilizar varias tecnologías y muy a menudo se clasifican según la tecnología empleada. Las tecnologías más habituales utilizadas en los sensores son: mecánicas, inerciales, acústicas, magnéticas, ópticas y basadas en radio o microondas.

El punto fuerte de estos sistemas es la elevada precisión que ofrecen, pero también tienen una serie de desventajas, como la necesidad de realizar una instalación normalmente costosa y compleja, la limitación en el rango de seguimiento y las posibles interferencias que se puedan producir.

Además, pocos sistemas con sensores tienen aplicación en entornos exteriores.

3.3.1. Sensores mecánicos

Se podría decir que es el enfoque más simple conceptualmente; los sensores mecánicos suelen implicar algún tipo de vinculación física directa entre el objetivo y el entorno.

El enfoque típico consiste en una serie articulada de dos o más piezas mecánicas rígidas interconectadas con transductores electromecánicos, como por ejemplo potenciómetros o *encoders*. A medida que el objetivo se mueve, la serie articulada cambia la forma y los transductores se mueven en consecuencia.

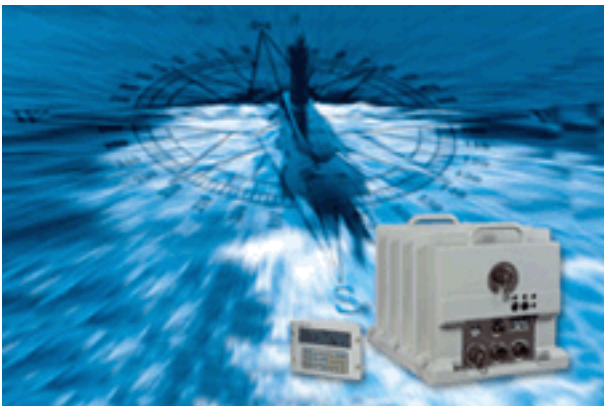
Con el uso de un conocimiento a priori sobre las piezas rígidas mecánicas y mediciones en línea de los transductores, se puede estimar la posición del objetivo en el entorno.

Este enfoque puede proporcionar estimaciones muy precisas y exactas en cuanto a un solo objetivo, pero solo durante un relativo pequeño rango de movimiento.

3.3.2. Sensores inerciales

Los sistemas de navegación inercial (INS) se generalizaron para los barcos, submarinos y aviones en la década de los cincuenta, antes de que la realidad virtual o los gráficos por ordenador fueran concebidos, pero fueron de las últimas tecnologías que se adoptaron como dispositivos de entrada de los sistemas gráficos. La razón es sencilla: un INS contiene giroscopios de alta precisión que **pesan demasiado** como para ser conectados al cuerpo de una persona. Hasta la llegada de los sistemas microelectrónicos en la década de los noventa no empezó el desarrollo de los dispositivos de entrada inerciales (podéis ver la figura 23).

Figura 23. Sistema de navegación inercial para submarinos de la empresa SAGEM



Hoy en día, los sensores inerciales son completamente autónomos, por lo que no es necesario instalar emisores, ya que son capaces de emitir la información. Además, no son sensibles a las interferencias electromagnéticas o al ruido ambiente.

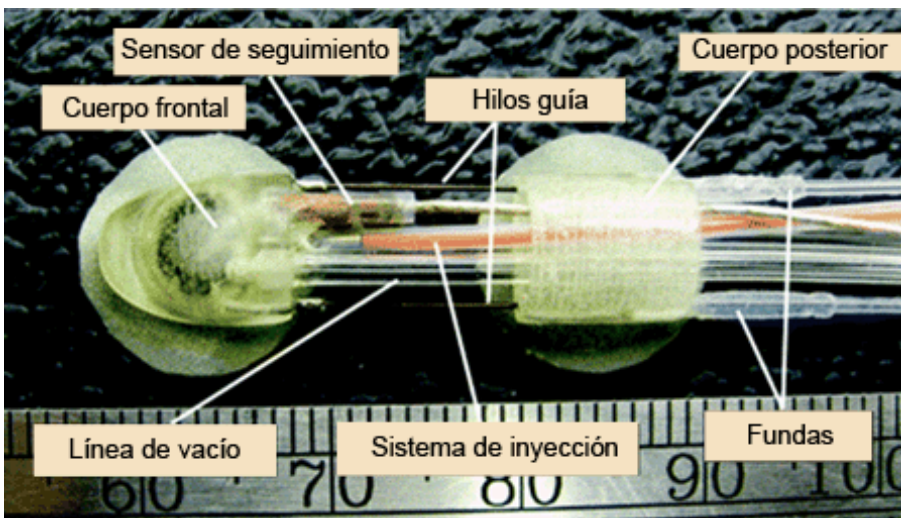
3.3.3. Sensores acústicos

Los sistemas acústicos utilizan la transmisión y la detección de ondas sonoras. Todos los sistemas acústicos comerciales funcionan midiendo el tiempo de la duración del vuelo de un breve pulso ultrasónico desde el emisor y el receptor, donde el usuario es el emisor o el receptor.

3.3.4. Sensores magnéticos

Los sistemas magnéticos se basan en mediciones del vector del campo magnético al sensor, utilizando magnetómetros o la corriente inducida en una bobina electromagnética cuando un cambio en el campo magnético pasa a través de la bobina. Tres sensores magnéticos ortogonalmente orientados en un sensor único pueden proporcionar un vector 3D que indica la orientación de la unidad respecto al entorno (podéis ver la figura 24).

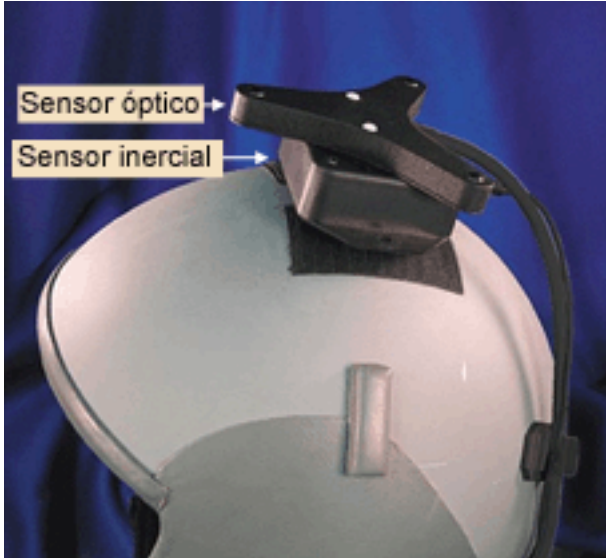
Figura 24. Sensor electromagnético en un sistema de inyección



3.3.5. Sensores ópticos

Los sistemas ópticos se basan en mediciones de la luz reflejada o emitida. Estos sistemas, inevitablemente, tienen dos componentes: fuentes de luz y sensores ópticos. Las fuentes de luz podrían ser objetos pasivos que reflejan la luz ambiente o dispositivos activos que emiten luz generada internamente. Ejemplos de fuentes de luz pasivas incluyen las superficies naturales en el entorno. Ejemplos de fuentes de luz activas incluyen diodos emisores de luz (LED), láser o simples bombillas.

Figura 25. Sensor óptico en un producto de la empresa Hy-BIRD



3.3.6. Sensores de radio y microondas

La radio y las microondas no se han explotado mucho en el seguimiento de movimiento humano, pero son ampliamente utilizadas en sistemas de navegación y varios sistemas de ayuda de aterrizaje en aeropuertos y sistemas de radar. Estas tecnologías también han empezado a ser utilizadas en sistemas de posicionamiento local que encuentran productos con etiquetas de radiofrecuencia en almacenes u hospitales, es decir, podrían ser utilizados para los sistemas de seguimiento de movimiento humano en el futuro a medida que mejora la precisión y la tecnología se hace más pequeña y barata.

3.4. Sistemas basados en visión

Estos sistemas se basan en la detección de características de la imagen. Son sistemas que actualmente están desarrollándose a gran velocidad, tienen un bajo coste y pueden operar tanto en entornos interiores como exteriores con preparación o sin ella.

En función del entorno se pueden clasificar en entornos preparados y entornos no preparados. En los entornos preparados se añade un conjunto predefinido de marcadores que facilita la estimación de la posición (podéis ver la figura 26).

Figura 26. Sistema con marcadores



4. Caracterización de un sistema de realidad aumentada

4.1. Introducción

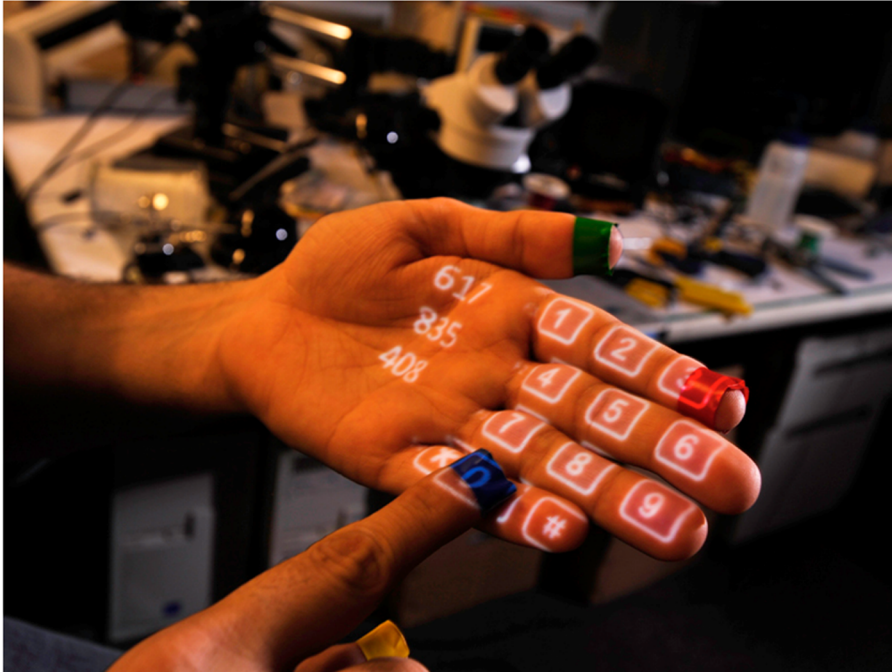
Los videojuegos nos han entretenido durante casi treinta años. Desde que Pong se introdujo en las máquinas recreativas en la década de los setenta, los gráficos de ordenador se han vuelto mucho más sofisticados, tanto es así que los gráficos están empujando las barreras del realismo fotográfico. Actualmente, una nueva tecnología, denominada **realidad aumentada**, difumina la línea entre lo que es real y lo que es generado por ordenador mediante la mejora de lo que vemos, oímos, tocamos y olemos.

En el espectro entre la realidad virtual, que crea entornos inmersivos generados por ordenador, y el mundo real, la realidad aumentada está más cerca del mundo real.

La realidad aumentada añade gráficos, sonidos, *feedback* táctil y olor al mundo natural. En este sentido, tanto los videojuegos como los teléfonos móviles están impulsando el desarrollo de la realidad aumentada. Todo el mundo, desde los turistas a los soldados, hasta alguien que busca la parada de metro más cercana pueden ahora beneficiarse de la capacidad de colocar gráficos generados por ordenador en su campo de visión.

La realidad aumentada está cambiando el modo como vemos el mundo –o al menos la manera como sus usuarios ven el mundo. Si nos imaginamos andando o conduciendo con pantallas de realidad aumentada, aparecerán gráficos informativos en nuestro campo de visión. Estas informaciones se actualizarán continuamente para reflejar los movimientos de nuestra cabeza. Dispositivos y aplicaciones similares a esta ya existen, sobre todo en los teléfonos inteligentes, como el iPhone (podéis ver la figura 27).

Figura 27



El sistema de realidad aumentada SixthSense permite proyectar un teclado del teléfono a la mano y el teléfono de un amigo – sin sacar el teléfono de su bolsillo.

4.2. Caracterización

La idea básica de la realidad aumentada consiste en superponer gráficos, audio y otras mejoras sensoriales en un entorno real en tiempo real.

Más formalmente, la realidad aumentada es una variación del concepto de entorno virtual, o realidad virtual.

El entorno es real y se aumenta incluyendo elementos virtuales, como texto, gráficos 2D, objetos 3D, sonidos, percepciones táctiles, etc., es decir, la realidad aumentada trata de aumentar el entorno del mundo real con información virtual para mejorar el conocimiento y las sensaciones del usuario. En resumen, combina elementos virtuales con elementos del mundo real. Hay tres características fundamentales y comunes en los sistemas de realidad aumentada:

- la combinación del entorno del mundo real con elementos generados por ordenador,
- la interactividad en tiempo real y
- las escenas en 3D (podéis ver la figura 28).

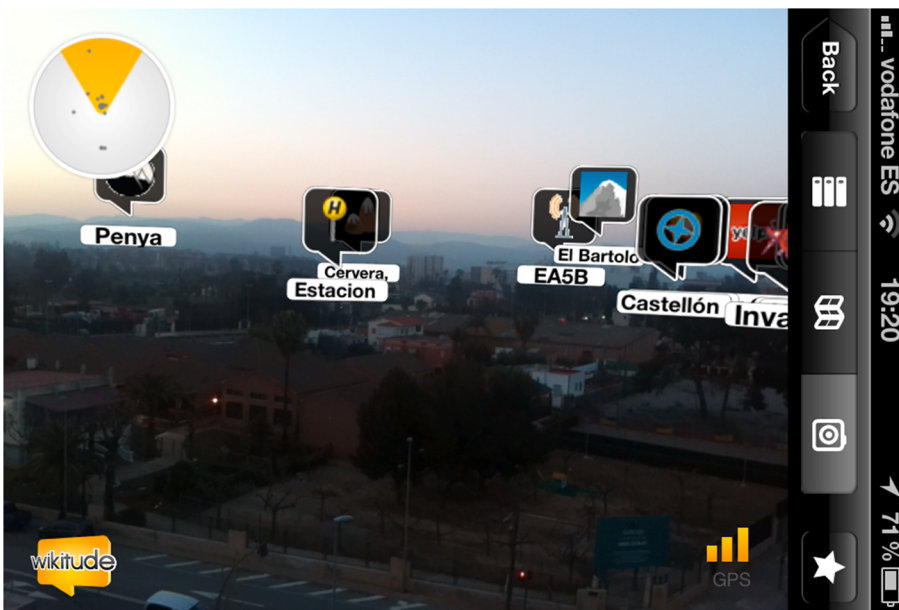
La vista de la realidad se modifica por ordenador, proporcionando una percepción mejorada de la realidad. Por el contrario, la realidad virtual sustituye el mundo real por uno simulado.

Lecturas recomendadas

R. T. Azuma (agosto, 1997). "A Survey of Augmented Reality". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (vol. 4, núm. 6).

R. T. Azuma; Y. Baillet; R. Behringer; S. Laborable; S. Julier; B. MacIntyre (2001). "Recent Advances in Augmented Reality". *Computers Graphics* (noviembre).

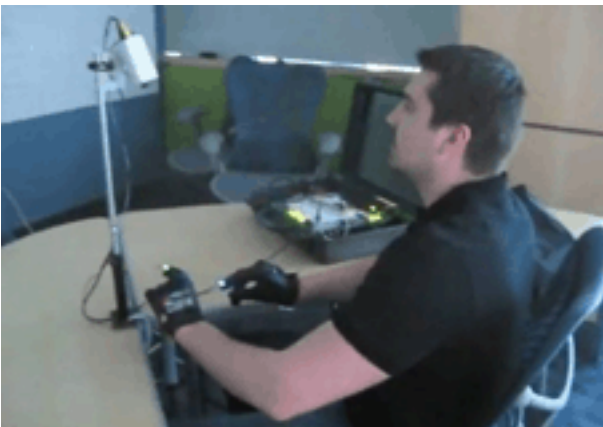
Figura 28. Sistema de realidad aumentada en un dispositivo móvil: App Wikitude en un iPhone



4.2.1. Aumentación visual, auditiva y táctil

La aumentación consiste en incrementar las sensaciones percibidas por el usuario en cualquiera de sus sentidos. La aumentación visual es la más habitual, aunque existe también la auditiva, donde se añaden o eliminan sonidos en el entorno, o la táctil, donde se utilizan guantes con almohadillas de presión (podéis ver la figura 29).

Figura 29. Sistema de realidad aumentada con aumentación táctil



Además, la aumentación visual puede presentar dos tipos de mezcla: óptica y de vídeo. Por una parte, la mezcla óptica consiste en utilizar visiocascos transparentes. La imagen real se visualiza directamente y se mezcla con las imágenes sintéticas mediante combinadores específicos (podéis ver la figura 30). Por otra parte, en la mezcla de vídeo, el entorno real se añade por medio de una o dos cámaras, y se mezcla el vídeo obtenido con las imágenes sintéticas (podéis ver la figura 31).

Figura 30. Aumentación visual con mezcla óptica

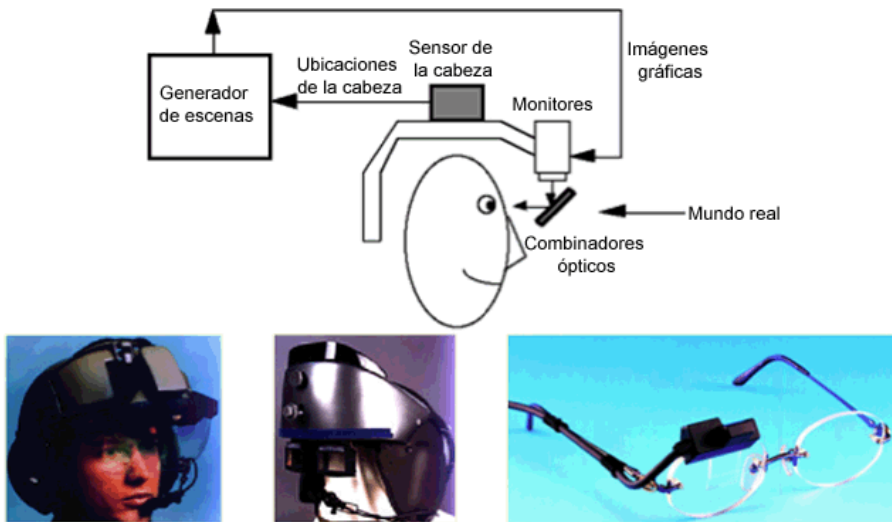
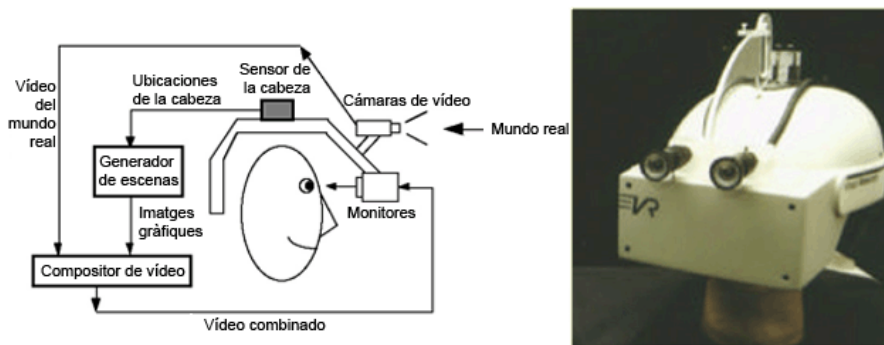


Figura 31. Aumentación visual con mezcla de vídeo



4.2.2. Portabilidad

Algunas aplicaciones de realidad aumentada requieren que el usuario pueda desplazarse en entornos amplios, esto implica el diseño de sistemas de poco peso y altas prestaciones, aunque pueden tener una dificultad añadida si se requiere comunicación.

Dependiendo de la aplicación, también se pueden presentar necesidades de ajuste de enfoque y de contraste.

4.3. Registro: problemática y errores

En un entorno de realidad aumentada, los objetos reales y virtuales se deben alinear entre sí de manera correcta, pero esto no es fácil y a menudo se tienen problemas perceptivos y cinemáticos. Los problemas que se producen se pueden clasificar en estáticos y dinámicos.

- Clasificamos en errores estáticos en el registro los debidos a distorsiones ópticas, errores de localización, errores de alineación de componentes y utilización de parámetros de visión incorrectas.

- Los errores dinámicos son aquellos debidos a retrasos en el sistema: localización, comunicaciones, generador de la escena, etc.

Para mejorar el sistema de registro se utilizan técnicas complementarias basadas en visión. De este modo, podemos apoyarnos en la imagen real para ajustar el proceso de registro. Habitualmente mediante la inclusión de marcas en el entorno (entornos controlados o preparados), esto permite registros precisos, con errores inferiores a un píxel de resolución.

4.4. Localización

En un sistema de realidad aumentada es necesario localizar al observador. Para realizar un registro correcto, hay que conocer la posición y dirección de observación del usuario en el entorno real. El uso de técnicas de seguimiento híbridas (sensores magnéticos, ópticos, sistemas GPS, etc.) facilita mucho esta tarea. El problema es más importante cuando se opera en un entorno amplio y no preparado. Actualmente, existe un esfuerzo comercial para minimizar los retardos producidos por los sensores de localización.

4.5. Aplicaciones

A continuación detallamos aplicaciones de los sistemas de realidad aumentada.

4.5.1. Medicina

Se basan en utilizar datos procedentes de sensores no invasivos (resonancia magnética, tomografía, ultrasonidos, etc.) y superponer una visualización 3D de los datos sobre el paciente real; en la figura 32 se pueden observar dos ejemplos.

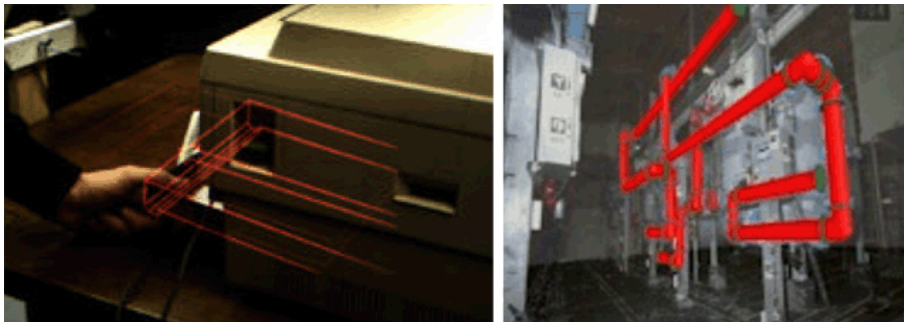
Figura 31. Aplicación de realidad aumentada en medicina



4.5.2. Reparación y mantenimiento

Inclusión de instrucciones paso a paso, como gráficos 3D superpuestos al objeto que reparar. Resulta muy útil para la visualización de objetos "no visibles" (instalaciones eléctricas, sistemas de tuberías, etc.). En la figura 33 se pueden observar dos ejemplos.

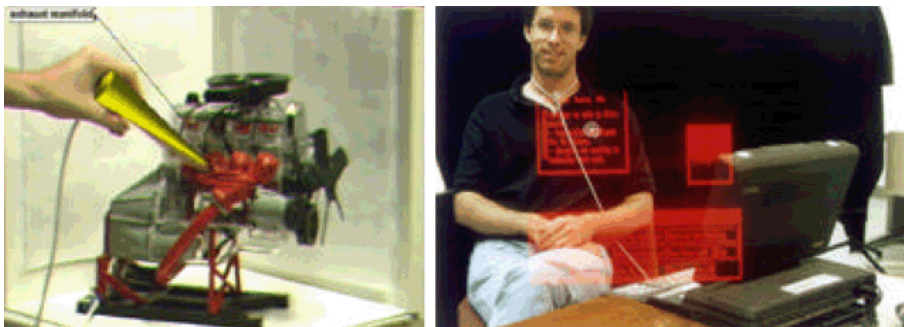
Figura 33. Aplicación de realidad aumentada en reparación y mantenimiento



4.5.3. Anotación

Consiste en mostrar información procedente de una base de datos que está asociada a un objeto real que el usuario está observando. La información suministrada suele presentarse como texto o gráficos simples. En la figura 34 se pueden observar dos ejemplos.

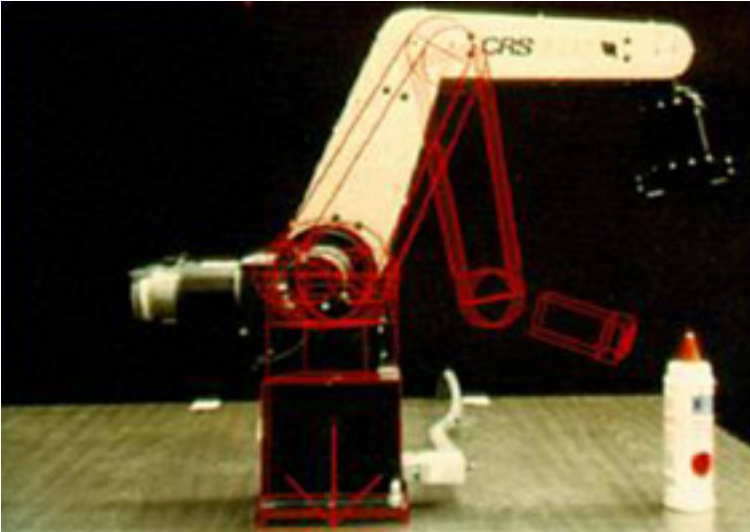
Figura 34. Aplicación de realidad aumentada con anotaciones



4.5.4. Planificación de tareas de robots

En la teleoperación de robots, el usuario controla una versión virtual del robot en tiempo real. Posteriormente, cuando el usuario está seguro de que los comandos son correctos, estos se ejecutan en el robot real. En la figura 35 se puede observar un ejemplo.

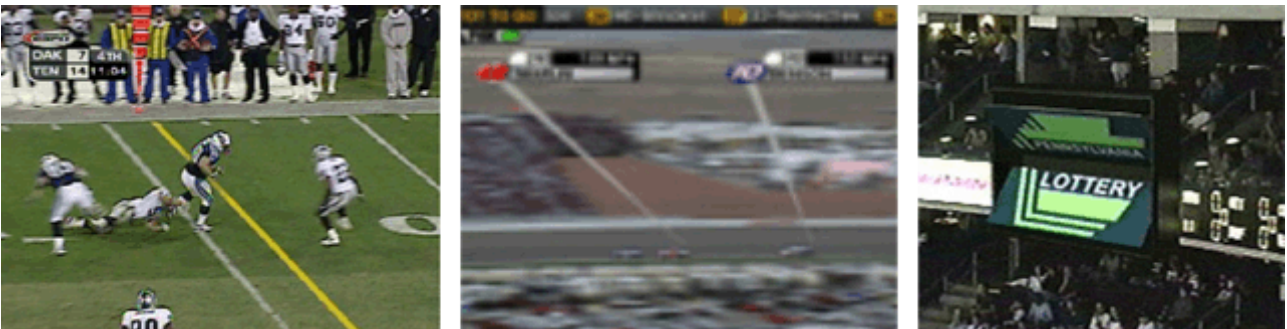
Figura 35. Aplicación de realidad aumentada en teleoperación de robots



4.5.5. Entretenimiento y publicidad

Un ejemplo de este ámbito es la inclusión de información en transmisiones deportivas y la superposición de elementos publicitarios en imagen real. En la figura 35 se pueden observar tres ejemplos de ello.

Figura 36. Aplicación de realidad aumentada en entretenimiento y publicidad



4.6. Tendencias futuras

En la actualidad hay varias líneas que se están mejorando, y que son:

- El uso de sistemas de localización híbridos (por ejemplo, sensores ópticos, magnéticos, etc.) con amplia cobertura.
- Mejora en las técnicas de síntesis de imágenes en tiempo real.
- Estudios perceptuales y psicosociales.
- Ropa inteligente (*wearable computing*). Por ejemplo, el uso de una camiseta que permita aumentar la realidad incluyendo información extra. Este podría ser el caso de unos zapatos a los que se les pueda indicar una ruta. De esta manera, sabiendo dónde está el usuario y dónde está el destino gracias al uso de información GPS, los zapatos podrían guiar al usuario in-

dicándole si tiene que ir hacia la derecha o hacia la izquierda mediante vibraciones en el pie correspondiente a la dirección hacia la que ha de girar.

- Diseño de interfaces de usuario para diferentes tipos de dispositivos.
- Énfasis en el desarrollo y la implantación de aplicaciones finales realmente operativas.

