

3D estereoscópico

Autor: Manuel Armenteros Gallardo

Universidad Carlos III de Madrid

Grupo de investigación TECMERIN

Resumen: el siguiente trabajo tiene como objetivo entender la tecnología 3D estereoscópica analizando las diferentes tecnologías involucradas en la producción y posproducción estereoscópica. Una tecnología que ya ha traspasado la industria del cine para llegar al mercado de la televisión e Internet, y que promete convertirse en un nuevo estándar en la grabación de vídeo. Se analiza la percepción visual humana para compararla con el sistema de captación de las cámaras con objetivos binoculares, los principales sistemas utilizados en el registro de imagen estereoscópica, así como los estándares de proyección estereoscópica, tanto en cine como en TV e Internet.

Palabras clave: 3D estereoscópico, proyección estereoscópica, RealD, XpanD, Neo3D, Ocula, gafas activas, gafas pasivas, autoestereoscópico.

3D estereoscópico

Manuel Armenteros Gallardo

Los dispositivos de grabación, edición y proyección en 3D estereoscópico se están haciendo muy populares en la industria del audiovisual. El desarrollo e implantación de la tecnología 3D estereoscópica está alcanzando poco a poco el mercado doméstico y se están creando no solo películas y documentales, sino también videojuegos y contenidos para Internet.

Por encontrar un análogo tecnológico, se puede decir que la visión estereoscópica es similar al sonido estéreo. El sistema perceptivo visual utiliza la diferencia entre las imágenes que ofrece cada ojo para calcular la profundidad de las cosas, algo parecido al proceso de percepción del sonido a través de los oídos. Pero ¿cómo representar la profundidad de la escena en una pantalla de dos dimensiones?

Aunque la óptica de la cámara capta una escena que tiene tres dimensiones (ancho, alto y profundidad), la imagen registrada en el soporte, bien digital, bien electromagnético o foto-químico, se forma en dos dimensiones (ancho y alto). Es también lo que ocurre en el sistema visual humano con la imagen que se proyecta en nuestra retina tras pasar por el cristalino. La imagen retiniana se forma sobre una superficie plana. Pero entonces, si el proceso de registro es similar al que sigue el ser humano, ¿cuál es la diferencia?

La diferencia fundamental radica en las *claves de profundidad binocular*. El sistema visual humano genera dos imágenes ligeramente diferentes por cada ojo debido a la separación entre ambos -*disparidad binocular*-, mientras que la cámara convencional utiliza sólo una lente, y, por tanto, solo capta un punto de vista.

Por otro lado, los ojos se acomodan (*acomodación*), adaptan la forma del cristalino dependiendo de la distancia a la que estamos mirando, y rotan hacia dentro o hacia afuera consiguiendo que las dos imágenes converjan en la retina (*convergencia*), y finalmente el cerebro procese las diferencias entre ambas imágenes y las interprete (*estereopsis*). Cuanto mayor es la diferencia entre las imágenes que visualizan el ojo izquierdo y el derecho, la profundidad percibida es mayor.

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011), "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.



Figura 1 Fotografía *formato paralelo* de donde se observa una ligera diferencia en los dos encuadres de la estatua del león en el exterior de la Escuela de Arte de Chicago. (Imagen cortesía de Edward Kemeys/Wikimedia Commons)

Sistema de filmación

Las principales cámaras para capturar imágenes 3D estereoscópico son:

| Cámara | Resolución | Vídeo/Datos | Formato de archivo |
|--|-------------|-----------------|--------------------|
| Sony F900, F950, HDC-1500 F23, F35 | 1920 X 1080 | HD video output | n/a |
| Red | 4096 X 2304 | Data output | R3D |
| SI-2K | 2048 X 1152 | Data output | CineForm |

Tabla 1 Principales cámaras utilizadas para la obtención de imágenes en 3D Estereoscópico. (Fuente: Okun & Zwerman, 2010)

Existe una gran variedad de cámaras y formatos de captura que permiten la obtención de imágenes estereoscópicas.

El StereoSpace, desarrollado por Richard Vetter y Barry Gordon para la productora United Artist, consiste en la sincronización de dos cámaras Mitchell de 65mm situadas con una separación de 90º entre sí, filmando a través de un semiespejo de 45º una de ellas, y otra filmando por reflexión de dicho espejo. Esta es la tecnología utilizada para desarrollar las películas 3D estereoscópico que se proyectan en los parques de Disneyworld.

Las imágenes IMAX 3D pueden ser obtenidas con dos tipos de cámaras. La primera sitúa una cámara sobre la otra formando un ángulo

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.

de 90° entre sí. La cámara situada en la parte superior está orientada hacia el suelo y obtiene la imagen a través de un espejo que está situado a 45°. Este espejo refleja un 50% de la imagen y deja pasar otro 50% de la imagen, que es recogida por la cámara inferior.

El otro tipo de cámara, denominada Solido camera, utiliza una cámara con dos objetivos separados 64 mm. Dispone de un sistema de espejos internos de alta precisión que permiten que cada objetivo registre una imagen diferente en un rollo de película que después son proyectados separadamente para conseguir la sensación de profundidad. La cámara alcanza un peso de más de 100 Kg, por lo que está limitada a la hora de realizar movimientos demasiado complejos. Sin embargo, tiene una mayor versatilidad óptica, permitiendo incluso la utilización de gran angular que luego es útil para las proyecciones en sistema IMAX 3D Dome (originalmente llamado OMNIMAX).

Hasta hace algunos años, el más utilizado era el sistema StereoCam, desarrollado por HinesLab. Es una plataforma en la que se instalan dos cámaras y se utiliza un espejo semireflectante. Permite utilizarla con una gran cantidad de marcas de cámara y permite la corrección de la *distancia interaxial* (la cual controla la cantidad de efecto 3D o profundidad) y la *distancia de convergencia* (la distancia entre las cámaras y el punto de convergencia). Es una evolución respecto al StereoSpace porque utiliza una técnica muy parecida pero más desarrollada.

Pace Fusion 3D es una cámara desarrollada por el grupo Cameron-Pace con la cual se rodó "Avatar". Cameron se asoció con el director de fotografía Vince Pace y desarrolló una tecnología que le permitió rodar sus películas en HD y además con tecnología estereoscópica. De este empeño surgió esta cámara cuyas características técnicas son las siguientes: dos bloques CCD Sony T950 modificados para reducir su anchura a menos de 70mm, cercanos a la separación interocular humana y óptica de Fujinon y Panavisión.

Como resultado de esta combinación se obtuvo la Reality Camera System (RCS-1), que era tan ligera como para poder utilizarse sobre el hombro y que tenía una convergencia variable. Con esta cámara se rodó el documental para Imax3D "Ghost of the Abyss".

Este sistema RCS fue perfeccionado y cambió su nombre a Fusion, obteniendo así el definitivo modelo de la cámara PACE FUSION 3D, empleada en la producción de Avatar y la cual se utiliza actualmente en la mayoría de películas que utilizan la tecnología estereoscópica.

Hasta la fecha, además de “Avatar”, otras películas que han utilizado o se están desarrollando mediante esta nueva tecnología son “Torrente 4” (Santiago Segura, 2011), “Transformers: Dark Side of the Moon” (Michael Bay, 2011), o “Hugo” (Martin Scorsese, 2011), así como la realización de eventos musicales como U2: 3D que recogió la macro gira del grupo, o eventos deportivos de la NBA o la Super Bowl emitidos en los cines de Estados Unidos.

Pero la tecnología 3D no se ha detenido aquí y en los últimos meses está irrumpiendo también en el mercado de cámaras domésticas.

La carrera hacia el mercado doméstico la inició Panasonic con el modelo HDC-SDT750, que salió al mercado en otoño de 2010. Esta cámara ofrece la posibilidad de una grabación normal con una imagen Full HD 1080 60p, o aplicarle el conversor 3D, que reduce la resolución a 960x1080, combinando las imágenes izquierda y derecha en un único vídeo en formato *side by side*.

Otro de los últimos ejemplos es la cámara Bloggie 3D desarrollada por Sony, y que es en la actualidad la cámara con esta tecnología más económica del mercado (unos 250 dólares). Puede grabar en una calidad de 1980x1080 HD y utilizar el 3D tanto en fotos como en vídeos. Además ofrece la posibilidad de exportar los vídeos capturados a televisores 3D y otros soportes que utilicen esta tecnología como la consola Nintendo 3DS. Además la Bloggie cuenta con un visor 3D que no necesita del uso de gafas especiales para pre-visualizar los vídeos.

Almacenamiento y proyección de 3D estereoscópico en cine

Al igual que ocurre con el cine digital convencional, las películas digitales en 3D estereoscópico no se proyectan pasando un haz de luz a través de la película cinematográfica. Aprovechando la tecnología digital, las películas son actualmente almacenadas en formatos digitales. De este modo, se ahorran grandes cantidades en los gastos de distribución y tirada de copias en película cinematográfica de los sistemas previos basados en 35 mm.

Con un sistema de presentación de alta calidad (servidor más proyector), los equipos de almacenamiento y proyección se han diseñado específicamente para utilizarse con películas de cine. La película digital que el exhibidor recibe del distribuidor se llama DCP (Paquete Completo digital). El DCP es el archivo o conjunto de archivos comprimidos y cifrados que engloba el contenido (la película digital) y su información asociada (tales como metadatos o subtítulos). El DCP y el

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). “3D estereoscópico”. Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.

sistema de sala utilizan equipos preparados tanto para procesar y proyectar archivos de resolución 2K (2048×1556) como 4K (4096×2160), y pueden utilizarse tanto los proyectores de uno como de otro tipo, ya que los servidores para proyectores de 2K serán capaces de extraer y proyectar archivos de 2K de resolución a partir de archivos de DCP de 2K o 4K, y los servidores para proyectores 4K podrán proyectar el DCP completo de 4K, mientras que son capaces de reclasificar un DCP que contenga solamente un archivo de 2K.

La transmisión de las películas digitales al servidor asociado al proyector se puede realizar principalmente de tres maneras: mediante la entrega física de un disco duro con la película en su interior, a través de la red de Internet (principalmente por medio de fibra óptica) o a través de ondas satelitales. Estos dos últimos métodos de transmisión permiten además la retransmisión en directo de contenidos deportivos, musicales o culturales en las salas de cine. Es lo sucedido en ciertas salas de cine de España con los partidos de fútbol de eventos de gran importancia como la Copa del Mundo 2010 de Sudáfrica, o la emisión de conciertos de ópera en los teatros y producciones de mayor nivel.

Para evitar la copia indebida e ilícita de los datos digitales, así como la acción no autorizada sobre ellos, estas películas tienen un sistema de seguridad que se desactiva al introducir un código o contraseña en el servidor, el conocido como KDM (*Key Delivery System*), a la hora de ponerlas en funcionamiento.

Otra de las ventajas de la proyección digital es que se evita el contacto de piezas metálicas con la película y la consiguiente inestabilidad. Asimismo, las últimas tecnologías de proyección como la que proporcionan una gran luminosidad, una capacidad para reproducir colores que no se habían conseguido hasta ahora, y unas relaciones de contraste altísimas.

Existen cuatro sistemas de proyección popularizados para proyectar películas en 3D estereoscópico en las salas de cine.

El Dolby-3D

Utiliza un filtrado de imagen. Se basa en una tecnología de Infitec, llamada división espectral, por la cual, el espectador recibe los tres colores primarios (R,V,A), pero con una longitudes de onda diferentes para cada ojo, gracias a unas lentes especiales situadas en el proyector.

No requiere cambiar de pantalla, por lo que para los cines les facilita la adaptación a la tecnología 3D-E. En cambio, el proyector

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid

3D estereoscópico

necesita emitir al doble de potencia, y las gafas suelen ser más caras por el juego de filtros que incorporan.

El RealD

Es una tecnología que no necesita dos proyectores, sino que a través de un único proyector se alternan dos imágenes, una para el ojo izquierdo y otra para el derecho. La polarización de las imágenes se realiza de forma circular, permitiendo que se pueda mover la cabeza sin perder la profundidad de la escena.

Este sistema requiere una pantalla específica que refleje los brillos y no atenúe el brillo de la película para que se pueda hacer el filtrado correctamente.

Este sistema reproduce las imágenes a 144 frames por segundo, de manera que cada ojo no perciba parpadeo y la sensación de cada uno de los ojos sea similar a la que percibiría si viera una película tradicional a 24fps.

XpanD

Es un sistema que utiliza gafas activas, es decir, que el proyector no filtra la imagen, sino que la filtra la gafa del espectador.

Las gafas suelen ser bastantes voluminosas ya que cuentan con una electrónica interior que han de incluir las consiguientes baterías.

IMAX 3D

En la proyección, los sistemas IMAX utilizan una *polarización lineal* para las proyecciones sobre pantalla normal, de manera que cada ojo verá sólo la imagen de un objetivo, y la del otro objetivo es filtrada.

En las pantallas Omnimax, o ahora llamadas IMAX Dome, se utilizan gafas activas. El sistema utiliza una velocidad de 24 fps, pero el obturador alterna ambas imágenes a una velocidad de 48fps.

Difusión de 3D estereoscópico en televisión

En nuestro país, los nuevos contenidos 3D son de momento una iniciativa puntera por parte de la televisión de pago. Tanto Mediapro como su competidor Sogecable apuestan por ellos. Actualmente la principal aplicación de esta tecnología es la retransmisión de partidos de fútbol. Puesto que se emiten en directo, el esfuerzo tecnológico debe ser aún mayor, y quizás implique cambios radicales de la producción,

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.

realización y retransmisión en el futuro. A día de hoy aún no se ha creado un estándar y todavía quedan varios problemas técnicos por solucionar. Mediapro Research es el departamento de Mediapro que está llevado a cabo las pruebas para estas emisiones en 3D estereoscópico. Por su parte, en Sogecable se apuesta por Canal + 3D. A través de Digital + se emitió el Mundial de Fútbol de Sudáfrica (verano de 2010) en 3DTV y HD.

Hay muchos otros canales internacionales que también realizan sus emisiones en 3DTV: High TV 3D (Global), Cinema 3D (USA), SKY 3D (UK), Foxtel 3D (Australia), HD1 (Bélgica), nShow 3D (Polonia), etc.

El consorcio DVB ha establecido la norma DVB 3DTV a finales de febrero del año 2010, donde se fijan las técnicas y procesos para la transmisión de vídeo tridimensional a través de los estándares ya establecidos en DVB. La implementación del sistema 3DTV se produce en dos fases: la primera, compatible con los decodificadores 2D y con todo equipo de HD.

La segunda fase, que ya utilizará señales específicas de 3D, que no será compatible con decodificadores anteriores para esas emisiones, pero que sí permitirá que éstos reciban la señal 2D gracias a otros sistemas de codificación (base en 2D con datos de profundidad 3D).

En el siguiente esquema se observa una síntesis del proceso de creación, codificación, transmisión y presentación de contenidos, directamente en 3D o en 2D convertido a 3D.

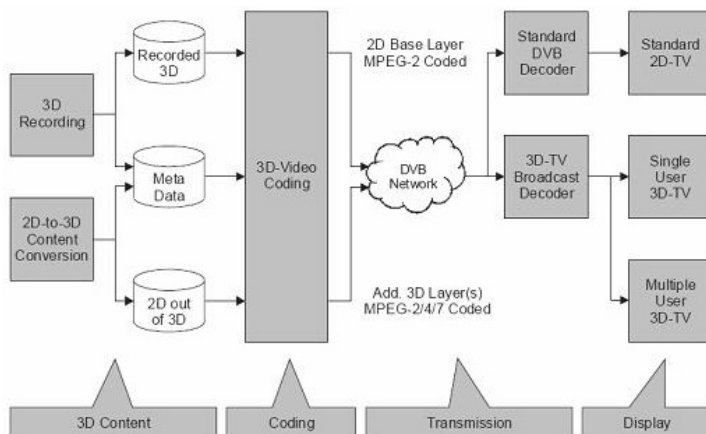


Figura 2. Síntesis del proceso de creación, codificación, transmisión y presentación de contenidos, directamente en 3D o en 2D convertido a 3D (Fuente: Wikipedia. Wikimedia Commons).

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid

Aplicación del 3D estereoscópico para videojuegos

Uno de los campos donde mejor se puede percibir el efecto 3D estereoscópico es en los videojuegos, especialmente aquellos que se basan en la utilización de escenarios y cámaras virtuales. Las potentes tarjetas gráficas pueden renderizar en tiempo real varias cámaras, de manera que lo único que se necesita es un dispositivo de salida que permita al usuario visualizar el efecto estereoscópico.

Actualmente PlayStation ha dotado a sus nuevos juegos y consolas del renderizado 3D estereoscópico, y Xbox no tardará en aplicarlo también. Hay que destacar la tecnología de Nintendo que permite, sin gafas de visualización, apreciar el efecto estereoscópico con un mayor número de ángulos de visión.

El 3D estereoscópico aporta una dimensión adicional de profundidad que permite a los jugadores que calculen mejor las distancias, a la vez que ofrece a los desarrolladores una nueva herramienta para generar experiencias que aprovechen la altura y la profundidad.

La mayor resolución de la Alta Definición y la mayor percepción de profundidad del estereoscópico está haciendo posible una nueva generación de videojuegos que permitirán experiencias inmersivas más intensas.

La nueva versión de html5 permite visualizar contenidos 3D estereoscópico, por lo que se abren nuevas ventanas de exploración para la producción y creatividad en el desarrollo de juegos online.

Software de posproducción 3D estereoscópico

La posproducción de material videográfico grabado en 3D estereoscópico se puede realizar con diferentes aplicaciones y *plugins*. Los dos principales *plugins* son 3D stereo y Neo 3D.

3DStereo permite trabajar con 3D estereoscópico en programas como Final Cut Pro y Motion, y permite que la post-producción estereoscópica sea bastante sencilla. Stereo 3D está también disponible para Adobe After Effects, e incluye avanzadas herramientas profesionales de masterización estereoscópica que permiten corregir muchos de los problemas como el alto contraste cruzado en las gafas polarizadas circulares los efectos de imágenes duplicadas.

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.

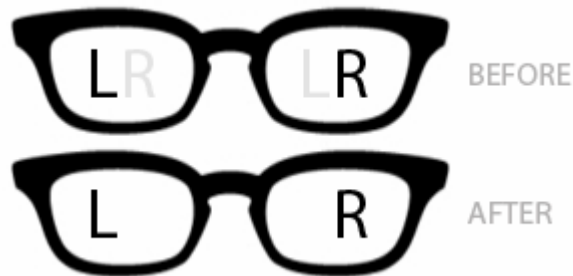


Figura 3 Efecto de imagen duplicada y su corrección

Neo3D

Neo3D está desarrollado para la industria del cine en 3D, difusión, Blu-Ray, y la distribución por Internet.

Neo3D cineform está disponible para las versiones de Windows y Mac, y ofrece un flujo de trabajo de edición 3D en tiempo real compatible con la mayoría de ediciones no lineales - incluyendo Premiere Pro, After Effects, Final Cut Pro, Media Composer y Vegas. Incluye varias herramientas que permiten editar material en 3D estereoscópico a alta resolución como First Light y preparar el material para ser visualizado en sistemas dual-link estéreo, pasivo polarizado, activo o anaglífico.

OCULA

OCULA es un *plug-in* de posproducción que ha surgido con la finalidad de trabajar con material estereoscópico, y tanto OCULA como NUKE han sido usados extensamente en "Avatar" (James Cameron, 2009). OCULA contiene herramientas adicionales que facilitan la copia de rotos y líneas de dibujo de un ojo a otro, reduciendo la *separación interaxial*, crear nuevas vistas desde un *stereo pair* y generar per-view *depth maps*. Todas las correcciones pueden ser realizadas en un canal u otro, de forma separada o conjuntamente, minimizando o eliminando el malestar en la experiencia visual.

Avid DS

Avid puede trabajar con una gran variedad de formatos, y convertir material 3D estereoscópico usando MetaFuze, que además acepta otros formatos como RED (R3D) y DPX. El 3D stereo se puede editar en Media Composer sin necesidad de herramientas de edición 3D. Además, se

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid

puede editar en 2D y visualizar en 3D sin necesidad de externalizar el proceso. Avid DS permite editar proyectos en 3D estereoscópico en tiempo real y a resolución completa. Además, las nuevas herramientas permiten manipular los contenidos de cada ojo de forma independiente.

Dispositivos para visualizar 3D-E en TV

Los primeros dispositivos de visionado en 3D estereoscópico para TV utilizan un sistema que requiere la utilización de gafas, bien activas, bien pasivas.

Gafas activas

El funcionamiento de las gafas activas es el siguiente: muestran una imagen completa para el ojo derecho y otra para el izquierdo (a dos o cuatro veces la frecuencia normal de TV 50/60 hercios). Las gafas reciben, a través de sensores infrarrojos, las señales para que hagan llegar a cada ojo o bloqueen la imagen correspondiente en cada momento. Se denominan activas porque ellas mismas se ocupan de esta tarea, y de una forma tan rápida que nuestro cerebro no percibe el parpadeo, por eso es importante una sincronización muy precisa. Tienen el inconveniente de que reducen la intensidad de la luz que percibe el usuario.

Gafas pasivas

Frente a las gafas de polarización activa, algunas empresas como LG y Philips han presentado televisores con los que se utilizan gafas pasivas, mucho más ligeras y económicas porque no tienen partes mecánicas ni baterías. Son similares a las que se utilizan en los cines: se emiten simultáneamente dos imágenes, las líneas pares y las impares. Tanto la pantalla del televisor como las gafas están polarizadas; las gafas hacen que un ojo vea las líneas pares y el otro las impares, y luego el cerebro crea la sensación de tridimensionalidad al juntar ambas informaciones. De este modo, no existe el peligro del parpadeo. Sin embargo, una de sus desventajas es que la imagen 3D resultante tiene la mitad de la resolución vertical, 540 líneas en vez de las 1.080 líneas.

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.

Gafas anaglíficas

Son los primeros dispositivos inventados para el visionado de imágenes estereoscópicas. Suelen estar hechas de cian y rojo (color primario y su complementario) y cada filtro asegura una imagen diferente para cada ojo. El cerebro fusiona la imagen recibida por cada ojo e interpreta la profundidad según la diferencia entre la imagen del ojo derecho y el izquierdo.

El sistema auto-estereoscópico

El segundo sistema de visualización de contenidos 3D es el auto-estereoscópico. Este sistema funciona de una forma muy parecida al estereoscópico, pero la gran diferencia es que el espectador no tiene que utilizar gafas para poder percibir la imagen en tres dimensiones, y las imágenes transmitidas son las que más se aproximan a la realidad, lo que le convierte en un sistema de visualización mucho más atractivo.

Los dispositivos auto-estereoscópicos permiten visualizar varias imágenes desde una misma superficie 2D, y además permiten la visualización de varios usuarios a la vez. Son varias las empresas que están apostando por esta tecnología. Apple, en el año 2010, y Nokia, en el año 2011, por ejemplo, han patentado en el 2010 sendas tecnologías de proyección 3D sin necesidad de gafas; y Nintendo DS ya la ha aplicado a los juegos.

Glosario de términos

Disparidad (Disparity)

La disparidad es una palabra *mala* para los estereógrafos. De hecho, el único tipo *bueno* de *disparidad* en 3D estereoscópico es la disparidad horizontal entre las imágenes del ojo izquierdo y el derecho. Es lo que se denomina *paralelismo horizontal (horizontal parallax)*. Cualquier otro tipo de *disparidad* en la imagen (vertical, rotativa, zoom, temporal o de piedra angular) provocará en los ojos de los espectadores un intento de acomodación, por lo que el estereógrafo deberá evitar este tipo de disparidades utilizando un software especial en posproducción para corregirlo.

Distancia interocular (Interocular Distance)

La separación interocular se refiere técnicamente a la distancia entre los centros de los dos ojos humanos. Esta distancia ha sido aceptada como 65 mm.

Distancia Interaxial (Interaxial Distance)

El término *distancia interaxial* se refiere a la distancia entre los ejes de las dos ópticas de la cámara, y por tanto, es importante calcular esta distancia para que coincida con la *distancia interocular*.

Visión Binocular (binocular visión)

Se refiere al sistema de visión en el cual se usan dos ojos a la vez. Gracias a la visión binocular se consigue un ángulo de visión mayor, aproximadamente 200 grados.

Convergencia (convergence)

La convergencia es el ángulo que forman las líneas visuales de los dos ojos cuando convergen hacia un punto para ver nítida la imagen. Este ángulo será menor cuando los objetos están más distantes. La convergencia se utiliza para percibir la profundidad en un área próxima (hasta los 90 metros para los humanos). En los animales que tienen los ojos más separados (mayor *distancia interocular*) tienen una *profundidad binocular* o *rango de profundidad* mayor.

Si sujetamos un lapicero a 30 cm delante de nuestra cara y lo miramos, ajustaremos el ángulo de nuestros ojos para hacerlos

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.

converger sobre el lapicero y poder crear una imagen única del lapicero. Si prestamos atención a lo que se forma detrás y delante del lapicero sobre el cual tenemos la convergencia, observaremos que aparece como una doble imagen (*diverged*). Si ahora convergemos nuestros ojos hacia el fondo, y prestamos atención al lapicero (que está próximo a nuestros ojos) observaremos que el lapicero aparece con una *doble imagen*. Esta *doble imagen* se conoce como *disparidad retiniana (retinal disparity)* y será la distancia entre las dos imágenes (*horizontal parallax, paralelo horizontal*) lo que ayuda a nuestro cerebro a determinar la distancia de los objetos.

En la proyección estereoscópica, cuando convergemos nuestra mirada en un objeto, ese objeto parece estar situado en el *plano de la pantalla* (zona *cero* o *plano de convergencia*). Cualquier *imagen doble* proviene de las áreas de la escena que están detrás del objeto donde convergen las lentes (*positivo* o *fondo*) o por delante del objeto (*negativo* o *frontal*). Por ejemplo, en "Avatar" el punto de atención de la acción sucede en la *zona cero (plano de la pantalla)*, o en el *fondo*, y muy pocas por delante del *punto de convergencia (frontal)*. Hay que tener en cuenta que los ángulos de las líneas visuales de los ojos no tendrán una divergencia mayor del ángulo que forman las líneas paralelas de los ojos cuando miran al infinito, por lo que ha de evitarse una divergencia en las líneas visuales de las ópticas. No obstante, parece que hay una parte de la población que no puede percibir la profundidad cuando las líneas de la óptica están en paralelo (*stereo blindness* o *ceguera estéreo*).

Ortoestéreo -Ortho-stereo-, Hipoestéreo -Hypo-stereo- e Hiperestéreo -Hyper-stereo-

Cuando la *distancia interaxial* es establecida en 65 mm, el efecto estereoscópico producido es conocido como *ortostereo*. Si la *distancia interaxial* es más pequeña que 65 mm, se está grabando en *hipoestéreo*. Esta técnica es común para películas proyectadas en sala para acomodar el efecto a la gran pantalla, y es usado también para fotografía macro estereoscópica.

Por último, el *hiperstereo* se produce cuando la *distancia interaxial* es mayor a 65 mm, como ocurre por ejemplo en algunos animales como los elefantes. Esta separación les permite percibir más profundidad que un humano, y al humano más profundidad que un ratón. Pero en cambio, el ratón puede percibir la profundidad de los pétalos de una flor con muy buena percepción, mientras que el humano necesita ponerse

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid

vizco. Por tanto, una *distancia interaxial* mayor de 65mm puede venir bien para representar la profundidad de un paisaje y una *distancia interaxial* menor de 65 mm puede venir muy bien para representar imágenes macro estereoscópicas.

El tamaño de los objetos varía en función de si se graba en *hipoestéreo* o *hiperestéreo*. Los objetos se verán más pequeños (enanismo) o más grandes (gigantismo) de cómo se verían en una distancia de 65 mm.

Referencias

- Okun, J. A., & Zwerman, S. (Eds.). (2010). The VES Handbook of Visual Effects. Oxford: Focal Press.
- <http://www.dashwood3d.com/>
- <http://jmarco2000.wanadooads.net/hagaloustedmismo/stereo/foto3d.htm>
- http://hineslab.com/HinesLab_website_folder/StereoCam_3-D_System.html
- <http://www.thefoundry.co.uk/products/ocula/>

Para citar este trabajo:

Armenteros, M. (2011). "3D estereoscópico". Madrid: E-Archivos Universidad Carlos III de Madrid.