

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INFORMÁTICOS Y COMPUTACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

P.O. Box: 22012

E-46071 Valencia (SPAIN)

DSIC

Departamento de Sistemas
Informáticos y Computación

Informe Técnico / Technical Report

Ref. No.:	DSIC-II/08/06	Pages: 25
Title:	Dispositivos de visualización espacial	
Author(s):	Miguel Escrivá, M.José Vicent, Emilio Camahort	
Date:	31 de marzo de 2006	
Keywords:	Visualización espacial, estereoscopia, autoestereoscopia, dispositivos volumétricos	

Vº Bº

Leader of research Group

Author(s)

(Página intencionalmente en blanco)

Dispositivos de visualización espacial

Miguel Escrivá, M.José Vicent, Emilio Camahort

6 de abril de 2006

Resumen

En Informática Gráfica los dispositivos de visualización han presentado tradicionalmente imágenes planas a los usuarios. Esta representación es insuficiente porque tanto la informática gráfica como el ser humano permiten visualizar objetos 3D. La limitación viene impuesta porque la mayoría de los dispositivos de visualización son 2D. Recientemente se están desarrollando y comercializando dispositivos que visualizan imágenes espaciales. Estos dispositivos de visualización espacial producen objetos virtuales que aparecen suspendidos en el aire, tienen una verdadera apariencia 3D e incluso pueden ser vistos por varios usuarios a la vez. En este informe revisamos las técnicas más comunes de visualización 3D: estereoscopia, autoestereoscopia y visualización volumétrica. Para estas técnicas presentamos los dispositivos que existen hoy día tanto en el laboratorio como en el mercado. Finalmente, presentamos una comparación entre dispositivos de visualización espacial.

1. Introducción

Durante la última década la Informática Gráfica ha avanzado lo suficiente para llegar a producir imágenes altamente realistas en tiempos cada vez más reducidos. Esto ha permitido que los gráficos 3D en tiempo real lleguen a el público a través de canales como Internet, los videojuegos, los dispositivos móviles y la televisión.

Sin embargo, la mayoría de dispositivos de visualización producen imágenes planas, sin ilusión 3D. Para resolver este problema se han utilizado dos técnicas: permitir al usuario mover o interactuar con el objeto 3D, o utilizar visualización estereoscópica. La interacción mejora sustancialmente la percepción espacial porque el movimiento es el efecto visual que más contribuye la ilusión de profundidad. Esto es lo que se utiliza en los dispositivos 2D.

La estereoscopia se viene utilizando en disciplinas donde la visualización 3D es indispensable o de gran ayuda. En la estereoscopia se visualizan dos imágenes, una para cada ojo del usuario. Las disciplinas donde más se usa son:

- diseño industrial,
- medicina,
- presentación de componentes de precisión,
- objetos de arte y
- arquitectura.

De ellas, medicina es donde más se ha utilizado porque proporciona la mejor información posible sobre los órganos internos del paciente. El problema de la estereoscopia es que sólo sirve para un usuario y típicamente requiere el uso de gafas u otros dispositivos invasivos.

Más recientemente han aparecido los dispositivos autoestereoscópicos. Estos dispositivos no son invasivos y suelen permitir la visualización de múltiples imágenes que juntas forman una imagen espacial. De este modo varios usuarios pueden observar la misma ilusión 3D e incluso acercarse y tocarla o atravesarla con la mano.

Finalmente, los dispositivos volumétricos visualizan imágenes espaciales 3D sin utilizar un conjunto de imágenes 2D. Son dispositivos que utilizan un sistema mecánico o una pantalla de vapor para producir una ilusión 3D dentro de un volumen o suspendida en el aire.

Muchos de los dispositivos autoestereoscópicos y volumétricos no se desarrollan más allá de la etapa del prototipo, ni llegan a ser comercialmente viables. No obstante, en este informe repasamos los dispositivos espaciales más importantes e incluimos también dispositivos estereoscópicos.

El informe está estructurado en cuatro partes. Las tres primeras partes están dedicadas, respectivamente, a estereoscopia, autoestereoscopia y dispositivos volumétricos. La última parte contiene una comparativa entre dispositivos de visualización espacial disponibles comercialmente.

2. Estereoscopia

El mecanismo de visión humana es estereoscópico por naturaleza. A través de la visión binocular somos capaces de apreciar las diferentes distancias y volúmenes en el entorno que nos rodea. Nuestros ojos, debido a su separación, obtienen dos imágenes con pequeñas diferencias entre ellas. Estas diferencias se denominan **disparidad** (ver figura 1). Nuestro cerebro procesa esas diferencias entre ambas imágenes y las

interpreta de forma que percibimos una sensación de profundidad en los objetos que nos rodean. Este proceso se denomina **estereopsis**. La distancia interpupilar más habitual es de 65 mm, pero puede variar desde los 45 a los 75 mm.

Durante las últimas décadas se ha investigado la creación de dispositivos estereoscópicos. Los objetos mostrados con estos dispositivos aparecen realmente delante del espectador [1, 3]. Para ello se usan, por ejemplo, gafas de conmutación o polarizadas [2]. Estas gafas bloquean una de las dos imágenes para cada ojo. Además, existen otras técnicas que junto con las gafas se describen a continuación.

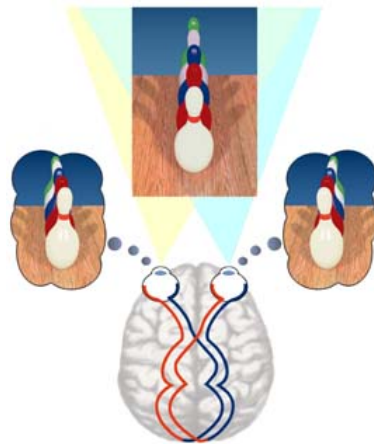
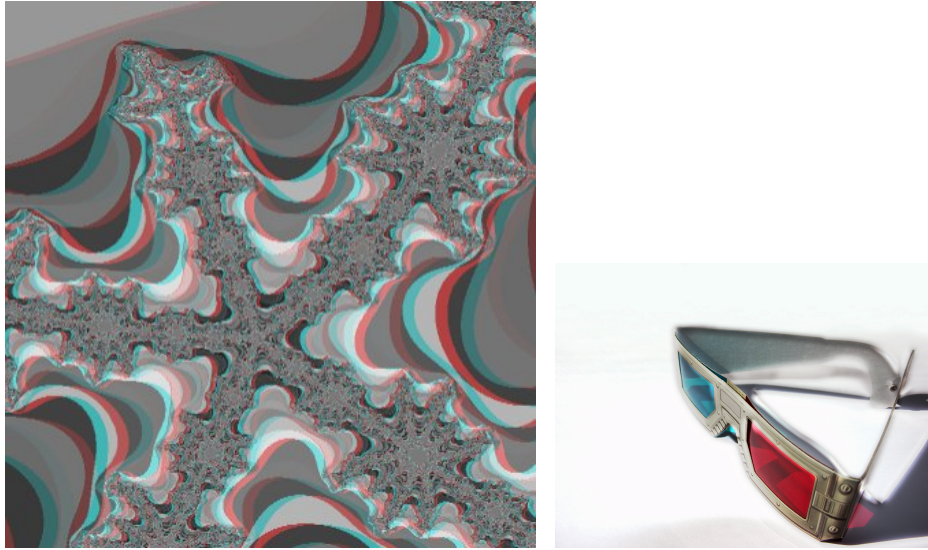


Figura 1: Nuestro cerebro recibe dos imágenes ligeramente diferentes.

2.1. Anaglifos

En monitores convencionales una de las técnicas más utilizadas son los anaglifos. Las gafas que se necesitan son muy baratas y cualquier persona puede disponer de ellas. Las gafas utilizan filtros de colores para separar las dos imágenes. Si vemos a través de un filtro rojo, los colores verde o azul se ven como negro. Si utilizamos un filtro verde, azul o cian, el rojo parece negro. A partir de este principio podemos mezclar dos imágenes en una foto o vídeo y utilizar lentes con filtros de color para separar las imágenes y ver el efecto estereoscópico.

Por convención, el filtro de color rojo se coloca frente al ojo izquierdo. El color del otro filtro depende del medio que se vaya a utilizar para visualizar la imagen. Si es un medio impreso se utiliza el azul. Para imágenes proyectadas y para vídeo se usa un filtro verde, porque es más brillante. Con estos filtros, la imagen aparece en blanco y



(a) Un fractal en anaglifo (imagen cortesía de Rafael Mullor). (b) Gafas para ver anaglifos.

Figura 2: Anaglifos.

negro. Otra variante utiliza un filtro rojo y otro cian. Con estos filtros la imagen 3D se puede ver en color. Puede verse un ejemplo de un anaglifo en la figura 2(a) y las gafas necesarias para verlo en la figura 2(b).

Las imágenes o vídeos producidos en anaglifo se pueden proyectar sin necesidad de equipo especial (como en las películas “Spy kids” y “El niño tiburón”). Y también se pueden distribuir en VCD o DVD para verse sin problemas en equipos domésticos. El problema es que el público tarda un poco en acostumbrarse a los filtros y los adultos no los puede utilizar más de 10 o 15 minutos seguidos. Los niños pueden tolerarlo durante más de 1 hora, lo que dura una película de largometraje.

2.2. ChromaDepth

ChromaTek Inc. [19] ofrece visualización estereoscópica a un precio similar a los anaglifos. Su sistema ChromaDepthTM se basa en la desviación que producen los diferentes colores del espectro. En un prisma, la luz se desvía ligeramente dependiendo de su longitud de onda: más desviación en el rojo, menos en el azul. La información de profundidad se codifica por colores. Las gafas especialmente diseñadas para ver éstas imágenes disponen de unos cristales transparentes con microprismas. Cuando la imagen (ver figura 3), denominada CyberHologramTM,

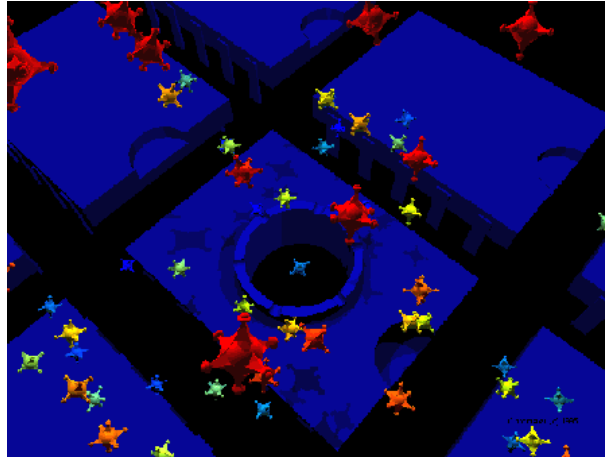


Figura 3: Imagen en ChromaDepth.

se observa con las gafas HoloPlayTM (para imágenes de ordenador) o C3DTM (para imágenes impresas), la imagen 2D se convierte en tridimensional. La desventaja de este sistema es la pérdida de información cromática. La ventaja sobre el anáglifo es que las imágenes pueden verse también en 2D.

2.3. Gafas de lentes polarizadas

En la mayoría de los casos los anaglifos y el método de ChromaTek no permiten representar el color correctamente. Por ello se utilizan las gafas de lentes polarizadas que requieren una mayor inversión por necesitar dispositivos de visualización especializados.

La técnica funciona en base a un fenómeno de la física llamado polarización de la luz. Si se proyecta luz polarizada en una dirección y la vemos con un filtro polarizado, colocando el filtro a una inclinación de 90 grados respecto a la luz original, toda la luz será bloqueada. Por ello podemos proyectar dos imágenes, una polarizada en un sentido y la otra a 90 grados y utilizar dos filtros polarizados para que cada ojo vea una imagen distinta.

Los filtros son relativamente baratos, el inconveniente es que sólo funciona con sistemas de proyección. Además, requiere generalmente dos proyectores o un proyector especialmente modificado, además de una pantalla que no despolarice la luz. También hay que considerar que los filtros polarizados oscurecen la imagen y se necesitan proyectores muy luminosos.

Por último, existe un problema con los proyectores actuales de vídeo, de cristal líquido (LCD), ya que éstos polarizan la luz para

funcionar. De este modo, al colocar los filtros polarizadores, se pierde todavía más luminosidad. Aun así, este método permite ver las imágenes en color y produce menos cansancio visual.

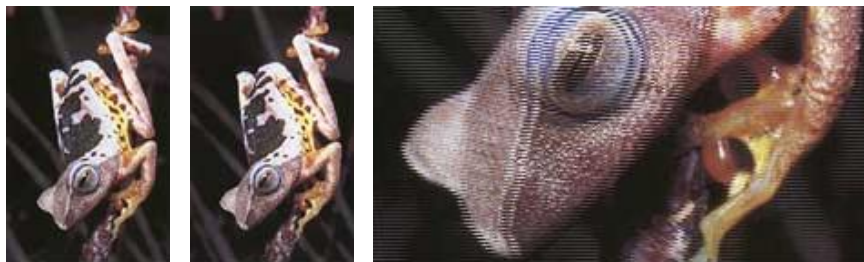
2.4. Gafas de conmutación

Hasta ahora hemos visto gafas pasivas donde éstas no realizan ninguna tarea. Existe una técnica de autoestereoscopia que utiliza gafas activas, las gafas de conmutación (*shutterglasses*).

Las gafas de conmutación (Figura 4(a)) consisten en cristales de cristal líquido que son capaces de oscurecerse por completo y no dejar pasar la luz. Las gafas van alternando rápidamente la apertura y el cierre del LCD delante de cada ojo (figuras 4(b) y 4(c)). Esto, junto con la proyección alternativa de las imágenes de cada ojo, permite que cada uno vea una imagen diferente, consiguiendo así la ilusión 3D (Figura 4).



(a) Gafas de conmutación.



(b) Imagen del ojo izquierdo. (c) Imagen del ojo derecho. (d) Imagen estéreo sin las gafas de conmutación.

Figura 4: Gafas de conmutación e imágenes generadas para utilizarlas.

Las gafas de conmutación son la opción más cara de las cuatro presentadas en esta sección. Requieren la sincronización de las gafas con el dispositivo de visualización y por ello precisan de hardware adicional. No obstante, son las que producen mejores resultados.

Los dispositivos estereoscópicos han tenido buena aceptación en entornos profesionales. Aun así no han sido tan aceptados por diseñadores gráficos, arquitectos o aficionados a los juegos por ordenador. Esto es debido a que los usuarios rechazan el uso de cualquier dispositivo invasivo que limite su agudeza visual, por ejemplo, las gafas [4]. Estos estudios han motivado la investigación de dispositivos no invasivos que sean capaces de producir imágenes estereoscópicas sin que el espectador necesite llevar un equipamiento especial.

3. Dispositivos autoestereoscópicos

Los dispositivos autoestereoscópicos muestran una imagen tridimensional a un espectador sin la necesidad de cristales o gafas [10]. Además muchos de ellos permiten que varios usuarios vean una vista distinta (y correcta) del mismo objeto 3D.

Hay dispositivos autoestereoscópicos que presentan una imagen diferente a cada ojo, siempre y cuando el espectador este en una posición particular. La mayoría de éstos mezclan en la pantalla dos 2 imágenes distintas, una para cada ojo. Estas técnicas tienen dos desventajas: el espectador debe permanecer en una posición fija, y cada ojo ve sólo la mitad de la resolución horizontal de la pantalla.

Los dispositivos holográficos y pseudo-holográficos muestran un campo de luz, permitiendo mostrar diferentes vistas simultáneamente. Un campo de luz es una estructura 4D que almacena la radianza que fluye a lo largo de un conjunto de rayos, típicamente todos aquellos que parten de una pantalla 2D. Si las radianzas se visualizan correctamente, muchos espectadores pueden ver el mismo objeto simultáneamente.

Calcular y visualizar un campo de luz 4D requiere una gran capacidad de cálculo y almacenamiento. Para evitarlo se visualizan versiones 3D, donde los usuarios sólo ven distintas imágenes si se mueven horizontalmente. De este modo se obtienen ilusiones 3D con paralaje horizontal. Es decir, el objeto sólo exhibe profundidad y auto-oclusión en la dimensión horizontal. Los campos de luz 4D permiten visualizar paralaje completo, horizontal y vertical.

A continuación se da un repaso a las tecnologías autoestereoscópicas y a dispositivos en fase de prototipo o producción que se pueden encontrar.

3.1. Estereogramas

El estereograma es una ilusión óptica basada en la capacidad que tienen los ojos de captar imágenes desde distintas perspectivas. Estas

perspectivas diferentes son procesadas por el cerebro de tal forma que parecen ser una imagen tridimensional.

Aunque los estereogramas se utilizan desde hace mucho, se han vuelto muy populares en la actualidad gracias a los RDS¹ (figura 5) creados con programas de ordenador.

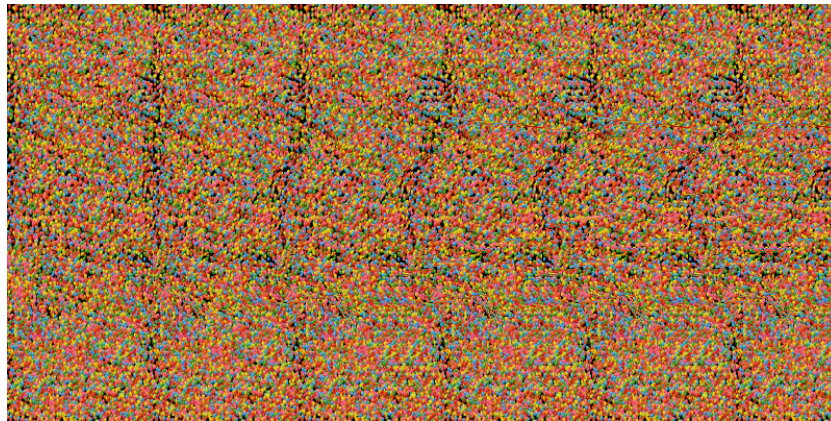


Figura 5: Este estereograma muestra un tiburón

Para ver un estereograma es necesario desenfocar la vista de la imagen, de tal manera que ambas perspectivas sean captadas. Algunos recomiendan mirar al infinito, es decir, fijar la vista en un objeto distante y sin desenfocar, tratar de mirar la imagen. Otros prefieren fijar la vista en un dedo mientras lo acercan lentamente hacia la imagen, o tratar de observar el reflejo de la imagen en un cristal. Depende de cada persona y de su condición visual.

Los estereogramas son una forma barata de representar imágenes 3D visibles por varios observadores. Además, permiten mostrar animaciones.

3.2. Estereogramas holográficos

La holografía es una técnica avanzada de fotografía, que consiste en crear imágenes que por ilusión óptica parecen ser tridimensionales. Para esto se utiliza un rayo láser, que graba microscópicamente una película fotosensible. Ésta, al recibir la luz desde la perspectiva adecuada, proyecta una imagen en tres dimensiones.

Un estereograma holográfico es una combinación de la holografía y del par estéreo que graba una serie de imágenes 2D en una película holográfica. Esta película se puede doblar y formar un cilindro, de tal

¹Random Dot Stereogram - Estereogramas de puntos aleatorios

forma que el espectador puede caminar alrededor del cilindro y ver la escena desde cualquier punto de vista. Desde cualquier punto, el ojo izquierdo verá una vista de la escena y el ojo derecho otra.

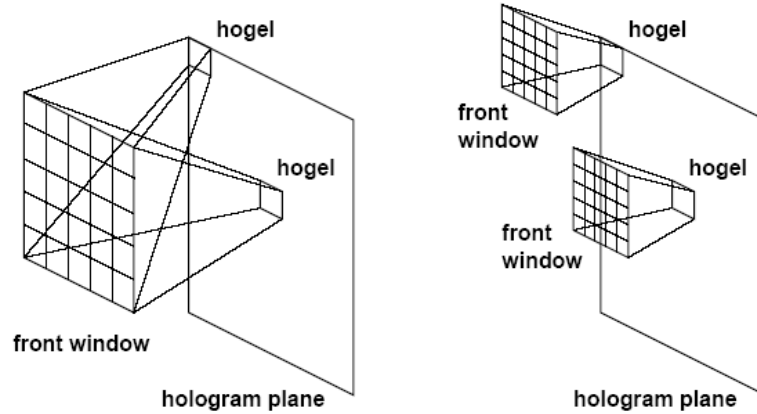


Figura 6: Hoguels en estereogramas holográficos de dos pasos (*izquierda*) y un paso (*derecha*). Al iluminar los estereogramas las imágenes almacenadas en cada hoguel se visualizan en las ventanas frontales.

Durante algún tiempo los dispositivos holográficos convencionales no han tenido mucho éxito por sus limitaciones con respecto a color, a ángulo de visión, al material, y al tamaño final de la imagen. Incluso con la proliferación de la técnica del estereograma holográfico en la década de los 80, seguía existiendo la mayoría de estas limitaciones.

Zebra Imaging, Inc. [20] invirtió en el desarrollo de los estereogramas holográficos de un solo paso. Ofrece una tecnología para imprimir estereogramas holográficos a todo color con un ángulo de visión bastante grande (hasta 110°) y de tamaño ilimitado y paralaje completo.

La tecnología del estereograma holográfico de Zebra Imaging se basa en crear una matriz de elementos holográficos de 1 o 2 milímetros de lado llamados hoguels. Como los píxeles de imágenes digitales 2D, la matriz de hoguels se puede utilizar para formar imágenes completas de cualquier tamaño. Cada hoguel es una grabación holográfica en una película de foto-polímero (Figura 6).

El resultado es la aparición de una escena 3D que cruza la superficie del estereograma. Dicha escena tiene apariencia 3D para múltiples usuarios y permite atravesarla siempre que no se cruce el plano de la superficie. Las desventajas de los estereogramas holográficos son su alto coste y la dificultad de iluminarlos.

3.3. Dispositivos de barrera de paralaje

Una barrera de paralaje [6, 18] consiste en una serie de finos cortes verticales en un material opaco. La barrera se coloca cerca de una imagen que se ha registrado en tiras verticales. Si las tiras en la imagen se han muestreado con la frecuencia correcta para los cortes de la barrera de paralaje, y el espectador está a la distancia apropiada de la barrera, ésta ocultará los píxeles de la imagen apropiados de la imagen al ojo derecho e izquierdo respectivamente y el espectador percibirá una imagen autoestereoscópica (ver figura 7).

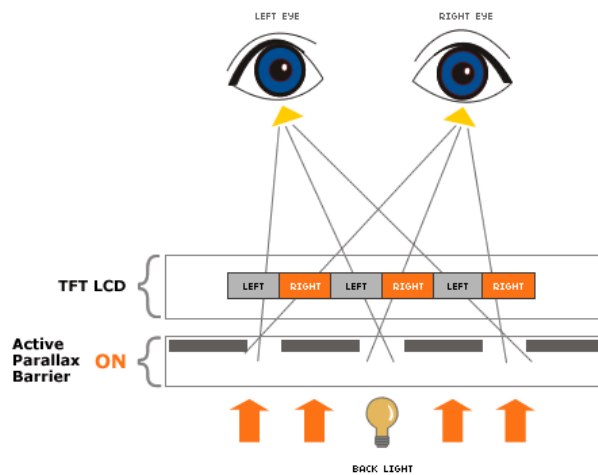


Figura 7: Esquema de funcionamiento de una barrera de paralaje.

Se pueden preparar las imágenes para que sean vistas desde diferentes puntos de vista. Cuando el espectador cambie de posición, la barrera redirigirá la vista a las nuevas imágenes que se han de visualizar (una para cada ojo). Esto permite además que varias personas puedan ver a la vez la escena mostrada. El inconveniente es que el número de vistas está limitado por la óptica y, por lo tanto, al moverse ligeramente sobre un mismo punto se produce un efecto de parpadeo incómodo.

La impresión en laser de alta resolución ha permitido producir imágenes de calidad muy alta: la barrera se imprime en una cara de un material transparente y la imagen en la otra. Esta técnica fue iniciada en la década de los 90 y actualmente está siendo utilizada por Sanyo [21] en sus dispositivos.

Varios fabricantes tienen prototipos o productos que utilizan esta tecnología: Sanyo Electric Co., Ltd., Sharp Corporation (figura 8) o Sony Corporation. En septiembre de 2002, Sharp anunció la creación de un consorcio (<http://www.3dc.gr.jp/english>) con los fabricantes de

dispositivos 3D. El consorcio está destinado al avance de estos dispositivos y tiene unos 100 miembros entre los que destacan Itochu Corporation, NTT Data Corporation, Sanyo Electric Co., Ltd., Sharp Corporation y Sony Corporation.



Figura 8: Dispositivos de barrera de paralaje de Sharp.

3.4. Lenticulares

Este tipo de dispositivo es muy similar a las barreras de paralaje. Sobre una pantalla se sitúa una hoja *lenticular* (ver figura 9(a)) formada por una serie de lentes verticales semicilíndricas hechas normalmente del plástico [11, 13]. La hoja lenticular se diseña de tal forma que la luz paralela que llega a la hoja es enfocada sobre los píxeles de la pantalla.

Cuando la pantalla visualiza una imagen, cada lente se encarga de la información de la imagen que se encuentra detrás de ella y dirige la luz en diferentes direcciones. De este modo aparece distintas imágenes en función de la posición desde donde se mire al lenticular.

Los lenticulares se pueden utilizar también con un monitor u otro dispositivo de visualización 2D para producir una imagen tridimensional dinámica. Empresas como 3DZ [22] venden este tipo de filtros (figura 9(a)) para monitores.

Como las barreras de paralaje, los lenticulares tienen solamente paralaje horizontal. Existe otro tipo de dispositivo que usa lentes esféricas en vez de cilíndricas para producir imágenes con paralaje completo (figura 10) [17]. Empresas como Stereographics [23] venden dispositivos usando esta tecnología (figura 11).

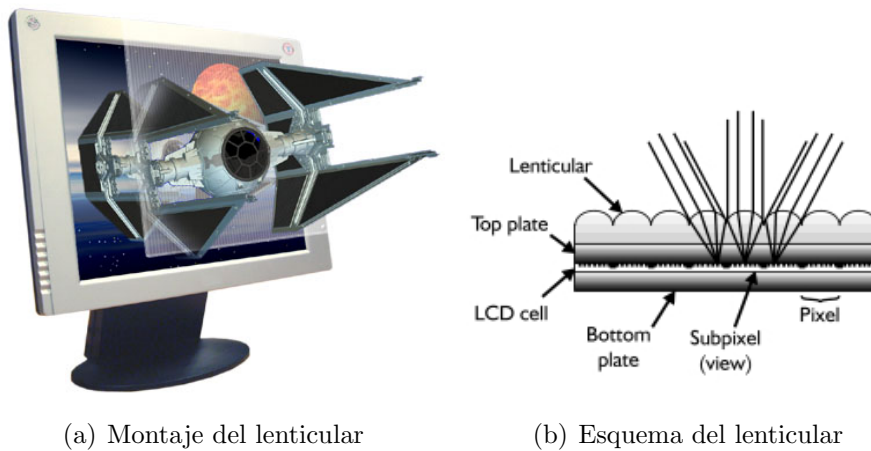


Figura 9: En la figura puede verse como se colocaría un lenticular sobre un monitor y el esquema de funcionamiento del lenticular.

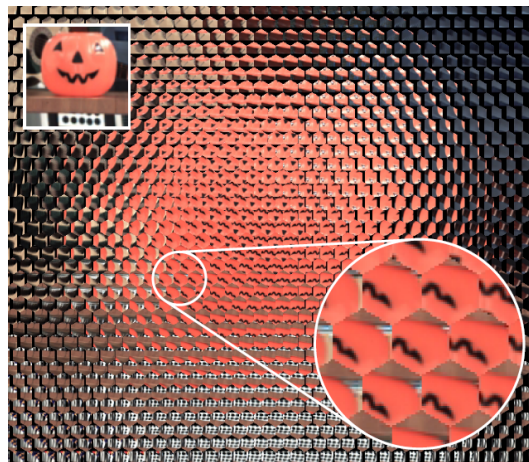


Figura 10: Lenticular con paralaje completo.

3.5. El dispositivo de Holografika

Holografika ha desarrollado [8] un dispositivo holográfico escalable multi-usuario. El dispositivo se basa en tecnología de proyección trasera y utiliza una pantalla holográfica.

Su aproximación reconstruye todos los rayos de luz que están presentes en la visión 3D. Así presenta una imagen virtualmente continua a espectadores que son libres de moverse dentro de una área grande delante de la pantalla sin perder de vista la imagen 3D mostrada por el dispositivo. Para hacer esto, el dispositivo utiliza una matriz de *micro-displays* y una pantalla holográfica (Figura 12).

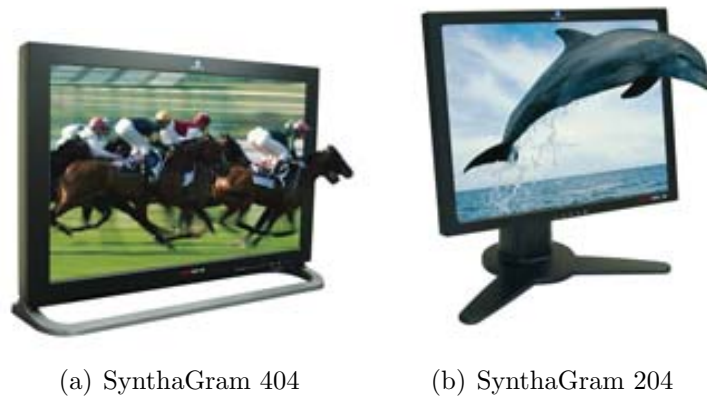


Figura 11: Dispositivos de Stereographics.

3.6. The Light Field Display

En [9] se presenta un dispositivo autoestereoscópico que se compone de una matriz de proyectores digitales y una pantalla de proyección con una hoja de microlentes (Figura 13) similar a un lenticular. Los proyectores se utilizan para generar una matriz de píxeles de intensidad y color controlada que se proyectan sobre la pantalla. Cada lente transmite los rayos en diversas direcciones delante de la pantalla. En esencia, lo que hace este dispositivo es simular un campo de luz.

Los dispositivos que acabamos de describir permiten, en la mayoría de los casos, visualizar una representación del campo de luz. Su funcionamiento consiste en visualizar varias imágenes desde una misma superficie 2D de visualización. Este tipo de dispositivos tienen la ventaja de que no son invasivos y además permiten múltiples espectadores.

4. Dispositivos volumétricos

Se llaman dispositivos volumétricos a los dispositivos que son capaces de mostrar imágenes tridimensionales dentro de un volumen, en contraste con otros dispositivos, tales como una terminal gráfica convencional, donde las imágenes se muestran sobre una superficie plana [12].

Puesto que las imágenes volumétricas ocupan físicamente un espacio 3D, se muestran automáticamente a uno o varios observadores de forma tridimensional. Esto es debido a que proporcionan una vista del objeto representado desde todos los puntos de vista. Los dispositivos volumétricos permiten que los objetos o imágenes puedan ser vistos

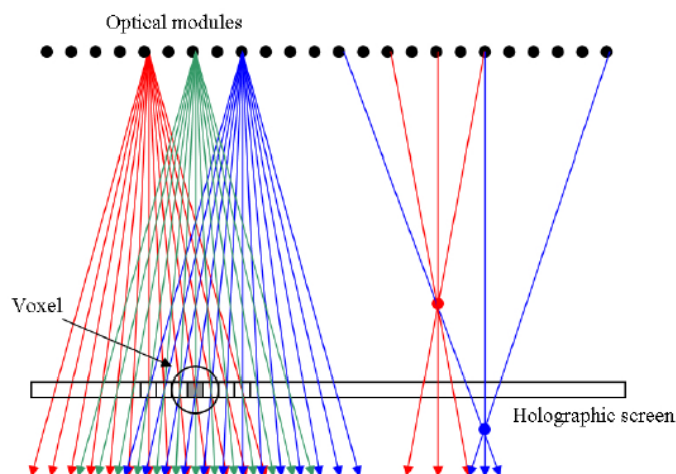


Figura 12: Una representación esquemática de cómo funciona el dispositivo de Holografika.

por varios observadores al mismo tiempo desde cualquier orientación.

Existen varios métodos para conseguir producir imágenes volumétricas. Estos métodos se pueden agrupar en dos categorías, dependiendo de si el volumen del dispositivo está estático o en movimiento.

4.1. Dispositivos con volumen dinámico

En este tipo de dispositivos, el volumen se crea por el movimiento mecánico, vibratorio o rotatorio de una pantalla. La velocidad del movimiento de la pantalla debe ser lo suficientemente rápida para que ésta no pueda ser percibida por el observador.

Los primeros dispositivos de este tipo se propusieron sobre el año 1940 como, por ejemplo, el de Parker and Wallis [5]. Desafortunadamente, la ausencia de los sistemas informáticos necesarios para el control de los dispositivos hicieron imposible producir sistemas operacionales en aquella época.

Fue en la década de los 80-90, debido al aumento de potencia de los ordenadores, cuando mejoró la viabilidad de estos dispositivos. En este apartado describimos cuatro dispositivos con volumen dinámico, el de espejo oscilante, el de espejo varifocal, el Felix 3D y el Perspecta Spatial 3D.

4.1.1. Dispositivos de espejo oscilante

El espejo oscilante es un dispositivo que aparece en la década de los 60. Consiste en un espejo situado frente a un monitor CRT y que

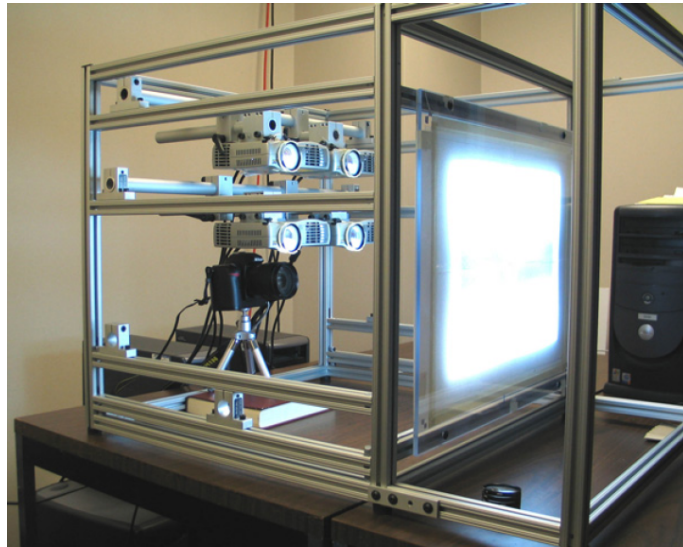


Figura 13: Prototipo de Light Field Display con 4 proyectores.

puede vibrar o moverse hacia adelante y hacia atrás rápidamente, (Figura 14).

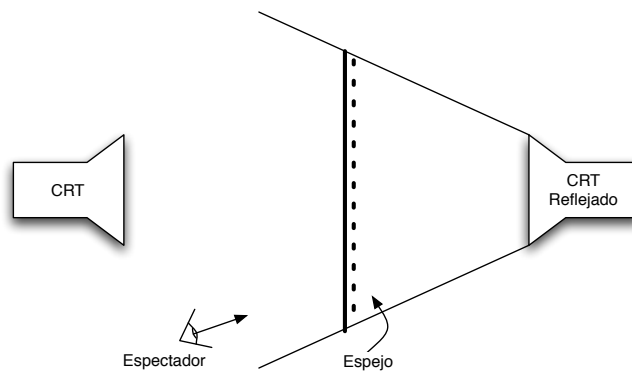


Figura 14: Esquema de funcionamiento de un espejo oscilante.

El espectador debe estar en el mismo lado del espejo que el monitor CRT, Así la imagen del monitor se refleja en el espejo. Cualquier punto dibujado en el monitor aparece a una profundidad distinta que depende de la posición del espejo en el instante en que el punto aparece en el monitor.

4.1.2. Dispositivos de espejo varifocal

El espejo varifocal es la técnica de volumen dinámico más empleada. El dispositivo contiene un espejo circular flexible anclado por los bordes. Se utiliza un altavoz de bajas frecuencias para cambiar la longitud focal del espejo (Figura 15). Controlando el altavoz y lo que se proyecta en el monitor, el espectador es capaz de ver los objetos con profundidad.

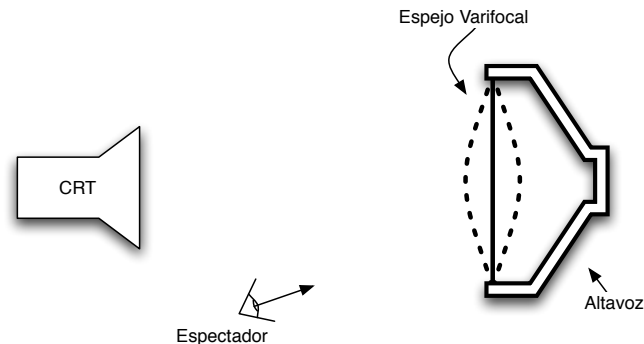


Figura 15: Esquema de funcionamiento del espejo varifocal.

4.1.3. Felix 3D

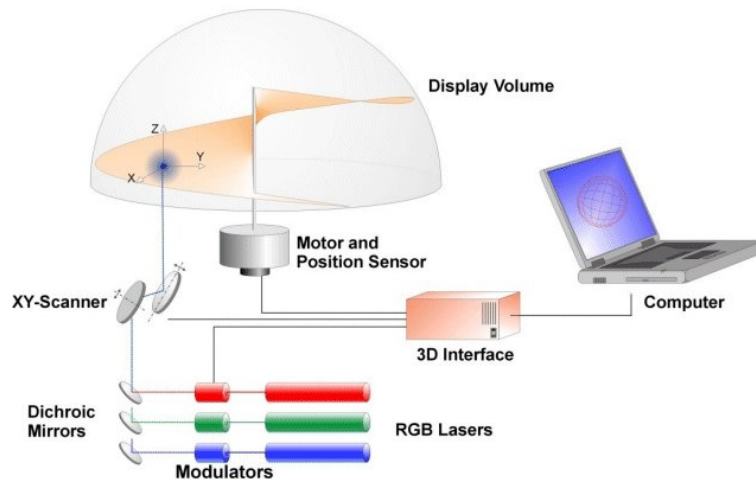
Los dispositivos desarrollados por Actuality [24], Felix 3D [25] y Genex [26] son comercialmente más viables que los descritos anteriormente. Los recientes avances en las tecnologías de proyección mediante diodos láser y, en particular de la tecnología DLP² de Texas Instruments han hecho posible la fabricación y distribución de estos dispositivos de visualización.

Están compuestos de dos partes: un proyector y una superficie de proyección que se monta sobre un eje y utiliza un motor para hacerla girar a gran velocidad.

Actualmente hay dos tecnologías de proyección que se están usando en estos dispositivos. Los dispositivos de Felix 3D y de Genex utilizan tres láseres: uno rojo, uno verde, y uno azul, mientras que Perspecta utiliza la tecnología DLP.

El visualizador Felix 3D se basa en una pantalla helicoidal semitransparente (figura 16(a)). La pantalla de proyección se hace girar rápidamente, proporcionando un medio de visualización volumétrica

²DLP - Digital Light Processing



(a) Principio de operación del visualizador Felix 3D.



(b) Proyección volumétrica de una escalera en espiral en el visualizador.



(c) Gráfico de trazado tridimensional de una macromolécula.

Figura 16: Funcionamiento del dispositivo Felix 3D.

a través del cual se proyectan pulsaciones láser. Debido a la alta velocidad de rotación (unas 1.200 RPM) la pantalla en sí se hace invisible al observador.

Las imágenes en color se producen mediante la combinación de láseres rojo, verde y azul (RGB). A través de la modulación por separado de cada componente, es posible producir cualquier color (figura 16).

4.1.4. Perspecta Spatial 3D

Actualy ofrece un dispositivo volumétrico que funciona de manera similar al Felix 3D, el Perspecta Spatial 3D. Este utiliza una pantalla vertical en lugar de una helicoidal, donde se proyectan imágenes a gran

velocidad (ver figura 17) [15, 16, 14]. El ojo funde estas imágenes para crear una imagen 3D sin costuras. Dicha imagen se encuentra dentro del dispositivo volumétrico (figura 18).

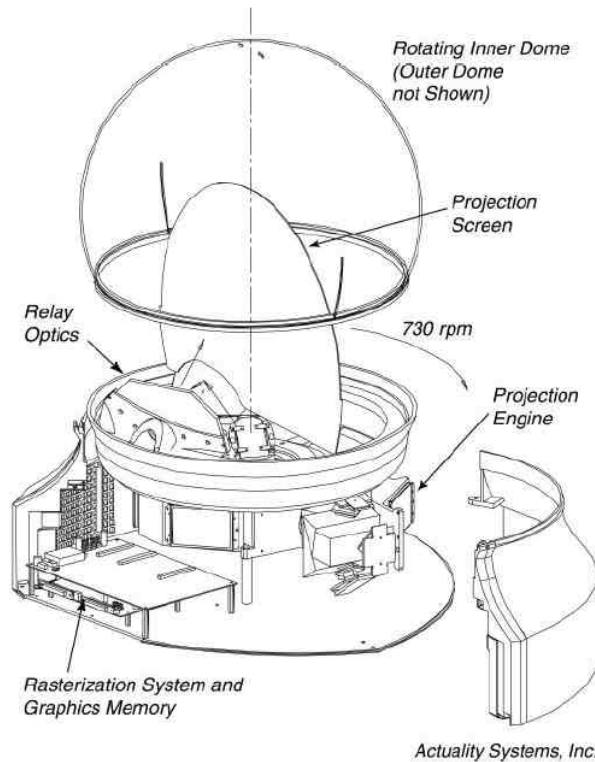


Figura 17: Esquema del dispositivo de visualización espacial Perspecta.

El inconveniente que tienen los dispositivos con volumen dinámico es que el usuario no puede *realmente tocar* la imagen. Mientras los dispositivos autoestereoscópicos lo permitían, los dispositivos volumétricos sólo lo permiten cuando el volumen es estático y no en todos los casos.

4.2. Dispositivos con volumen estático

Los dispositivos que pueden crear un volumen sin la necesidad de emplear el movimiento mecánico se llaman dispositivos con volumen estático. Estos dispositivos son más fiables, y el hecho de que la frecuencia de refresco de la imagen no venga determinado por el movimiento de la pantalla permite que el parpadeo de la imagen pueda ser reducido.

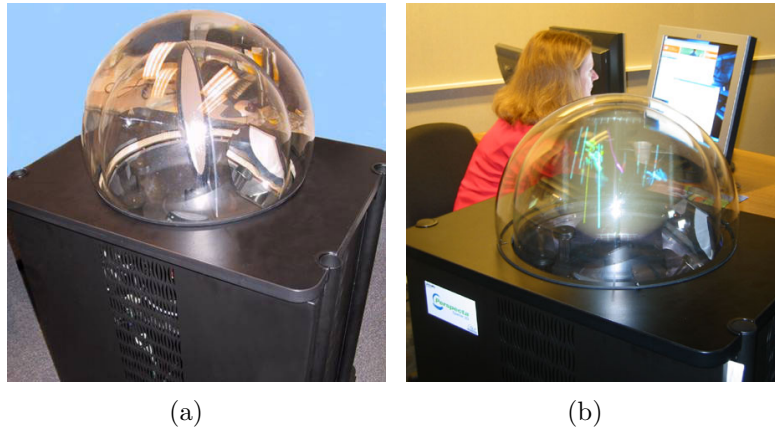


Figura 18: Imagen del dispositivo Perspecta Spatial 3-D

Los dispositivos de este tipo que se han propuesto hasta la fecha emplean un volumen gaseoso o cristalino para producir la imagen 3D o volumétrica. Entre ellos podemos encontrar el *Helio Display* y el *FogDisplay*. Además hay otro dispositivo, el *DepthCube*, que también produce imágenes volumétricas, pero dentro de una pila de LCDs. Mientras los primeros permite al usuario tocar los objetos 3D, este último sólo permite visualizarlos.

4.2.1. Helio display

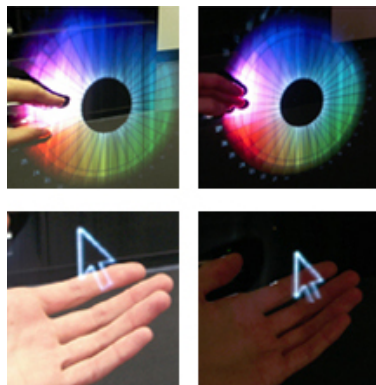


Figura 19: Imágenes visualizadas y manipuladas con Helio Display.

El Helio display es una tecnología interactiva que proyecta en el aire imágenes quietas o en movimiento que pueden ser manipuladas con la punta de los dedos. Estas imágenes son bidimensionales, y no



Figura 20: Vista de un dispositivo Helio Display.

son holográficas. IO2 Technology [27] ha completado un prototipo totalmente operativo de este dispositivo.

Este dispositivo puede mostrar imágenes sobre un área de 30 pulgadas de diagonal, incluyendo secuencias de vídeo. El dispositivo trabaja creando una nube de partículas microscópicas que hacen al aire *imagen-amigable*. Esta nube de partículas es proyectada e iluminada desde abajo, generando una imagen que flota en el aire.

4.2.2. FogScreen



Figura 21: El dispositivo volumétrico FogScreen.

FogScreen [28] es una superficie de proyección incorpórea y penetrable que está formada por vapor seco proveniente del agua pura del

grifo sin productos químicos. El vapor es fresco y seco al tacto.

FogScreen es fina y plana; por eso es capaz de generar una imagen de proyección de alta calidad. La imagen flota en el aire y puede ser observada por varios usuarios. Con sólo dos proyectores estándar se puede crear una imagen frontal y otra posterior a cada lado de la cortina de vapor. El espectador puede interactuar con la imagen y formar parte de ella.

4.2.3. Monitores con varios LCDs

Como el Perspecta el dispositivo DepthCube de Light-Space [29] usa tres chips DLP (ver figura 23(a)). Ahora bien, en vez de una sola pantalla de proyección este dispositivo tiene 20 pantallas de cristal líquido separadas una de otra unos 5 milímetros (figura 22). Las imágenes de los DLPs atraviesan las pantallas LCD produciendo imágenes a distintas profundidades. Estas imágenes se combinan ópticamente para formar una imagen 3D [7].

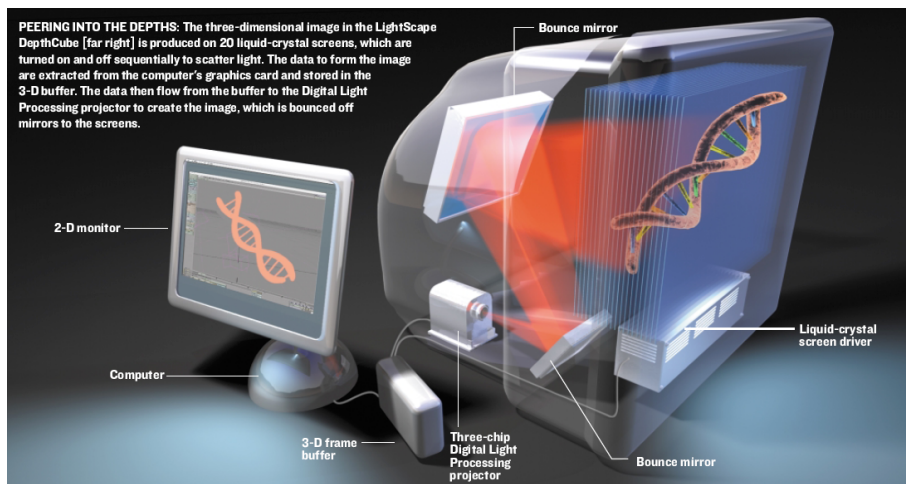


Figura 22: Esquema del dispositivo DepthCube.

DepthCube es totalmente sólido y no se ve afectado por vibraciones como ocurre con los dispositivos de volumen dinámico. Otra ventaja de este dispositivo es su relativa compatibilidad con software tridimensional existente. Puesto que las imágenes del DepthCube se proyectan sobre planos 2D tienen una geometría cartesiana, haciendo al dispositivo compatible con el software que utilice la librería OpenGL. La visualización se hace mediante un software (llamado *GLInterceptor*) que en tiempo real extrae las imágenes generadas con OpenGL y su información de profundidad para crear las 20 imágenes que DepthCube necesita.

Exsten otras empresas como por ejemplo Deep Video Imaging Ltd. que tambien fabrican este tipo de dispositivos. En la figura 23 se pueden ver los dispositivos fabricados por Light-Space y por Deep Video.



(a) Aspecto exterior de un DepthCube. (b) Imágen del monitor MLD 3000

Figura 23: Aqui se puede apreciar los modelos tanto de Light-Space como de Deep Video.

5. Dispositivos que se comercializan actualmente

A continuación se muestra una tabla con algunos dispositivos que se pueden encontrar actualmente en el mercado. La tabla muestra el fabricante del dispositivo, la tecnología que utiliza y la resolución soportada por el dispositivo.

Compañía	Producto	Tecnología	Resolución
Actuality Systems, Inc ^a	Perspecta Spatial 3D	Volumetrica	768×768
A.C.T Kern ^b	Philips 3D Comfort / WOW	Lenticular	1920×1080
Deep Video Imaging Ltd. ^c	MLD 3000	Multiples LCD's	1280×1024
Deep Video Imaging Ltd.	MLD 7mx	Multiples LCD's	-
Dimension Technologies, Inc ^d	Virtual Window 17	-	1280×1024
Dimension Technologies, Inc	Virtual Window 19	-	1280×1024
Dresden 3D GmbH ^e	Cn 3D Display	-	1600×1200
Dresden 3D GmbH	C-s / C-i 3D Display	-	1280×1024
Holografika ^f	HoloVizio 96ND	Basado en principios holográficos	775×602×445mm
Holografika	HoloVizio 128WD	Basado en principios holográficos	944×602×445mm
Holografika	HoloVizio 640RC	Basado en principios holográficos	2697×2136×2829mm
LightSpace Technologies ^g	DepthCube	Multiples LCD's	1024×748
Stereographics Ltd. ^h	SynthaGram 204 (20" LCD Monitor)	Lenticulares	1600×1200
Stereographics Ltd.	SynthaGram 404 (40" LCD Screen)	Lenticulares	1280×768
Sharp Corporation ⁱ	LL-151-3D 15" LCD Monitor	Barrera de paralaje	1024×768
NewSight Displays	NewSight-19" 3D MultiView	-	1280×1024
NewSight Displays	NewSight-23" 3D MultiView	-	1920×1200
NewSight Displays	NewSight-45" 3D MultiView	-	1920×1080
NewSight Displays	NewSight-50" Plasma 3D	-	1280×768

^a<http://actuality-systems.com/>

^b<http://www.actkern.info/>

^c<http://www.deepvideo.com/>

^d<http://dti3d.com/>

^e<http://www.dresden3d.com/>

^f<http://www.holografika.com/>

^g<http://www.lightspacetechn.com/>

^h<http://www.stereographics.com/>

ⁱ<http://sharp3d.com/>

6. Conclusiones

En este informe hemos presentado las técnicas más comunes de visualización espacial y los dispositivos que existen hoy día tanto en el laboratorio como en el mercado. Recientemente se están desarrollando y comercializando un gran número de dispositivos que visualizan imágenes espaciales. Estos pueden ser usados satisfactoriamente en áreas como la medicina, la publicidad o la visualización científica entre otras.

A medida que la demanda de este tipo de dispositivos aumenta, el campo de la informática gráfica tiene la responsabilidad de acercar la tecnología 3D al usuario y simplificar el proceso de generación de imágenes.

La selección de un dispositivo de visualización apropiado, teniendo en cuenta sus limitaciones, puede dar como resultado imágenes tridimensionales de apariencia realista y comprensibles.

Referencias

- [1] Okoshi, T. Three-Dimensional Imaging Techniques. Academic Press, New York 1976. ISBN 0-12-525250-1.

- [2] Lenny Lipton, Michael R. Starks, James D. Stewart, Lawrence D. Meyer, U.S. Patent #4523226, Stereoscopic Television System, June 11, 1985
- [3] L. Lipton, and J. Halnon. Universal Electronic Stereoscopic Display. *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III*, Vol. 2653, pp. 219- 223, SPIE, 1996
- [4] D. Drascic, J. Grodski. Defence Teleoperation and Stereoscopic Video. *Proc SPIE Vol. 1915, Stereoscopic Displays and Applications IV*, pages 58-69, San Jose, California, Feb 1993.
- [5] Parker, E., and Wallis, P A.: 'Three-dimensional cathode-ray tube displays', *J. IEEE*, 1948, 95, pp.371-390
- [6] David F. McAllister, Ed. *Stereo Computer Graphics and Other True 3D Technologies*, Princeton U. Press, Princeton, NJ, 1993
- [7] Sullivan, A. (2005): 3 Deep, *I.E.E.E. Spectrum*, April 2005, pp. 22-27.
- [8] Tibor Balogh, Tamás Forgács, Olivier Balet, Eric Bouvier, Fabio Bettio, Enrico Gobbetti, Gianluigi Zanetti, A Scalable Holographic Display for Interactive Graphics Applications. *IEEE VR 2005 Workshop on Emerging Display Technologies*, March 2005.
- [9] Ruigang Yang, Shunnan Chen, Xinyu Huang, Sifang Li, Liang Wang, and Christopher Jaynes. Towards the Light Field Display. *IEEE VR 2005 Workshop on Emerging Display Technologies*, March 2005.
- [10] M. Halle, Autostereoscopic displays and computer graphics, *Computer Graphics, ACM SIGGRAPH*, 31(2), pp. 58-62, May 1997.
- [11] C. van Berkel, Image Preparation for 3D-LCD, *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VI*, SPIE Vol. 3639 pp84-91, 1999.
- [12] Blundell, B., Schwarz, A., and Horrell, D. Volumetric three-dimensional display systems-Their past, present and future. *IEEE Science and Engineering Education* 2, 5 (1993).
- [13] C. van Berkel, D.W. Parker, and A. R. Franklin, Multiview 3-D-LCD, in *Proc. SPIE*, vol. 2653, 1996, pp. 32-39.
- [14] Favalora, G. E., Napoli, J., Hall, D. M., Dorval, R. K., Giovinco, M. G., Richmond, M. J., Chun, W. S. 2002. 100 million-voxel volumetric display. *Proceedings of the SPIE*, vol 4712, 300-312.
- [15] Won-Suk Chun, Joshua Napoli, Oliver S. Cossairt, Rick K. Dorval, Deirdre M. Hall, Thomas J. Purtell II, James F. Schooler, Yigal Banker, Gregg E. Favalora, Spatial 3-D Infrastructu-

- re: Display-Independent Software Framework, High-Speed Rendering Electronics, and Several New Displays, in Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 5664, pp. 302-312 (2005).
- [16] R.K. Dorval, M. Thomas, J.L. Bateau, Volumetric three-dimensional display system, U.S. Pat. #6554430, filed Sep. 6 (2001).
 - [17] Aaron Isaksen, Leonard McMillan, and Steven J. Gortler. Dynamically reparameterized light fields. In Proceedings of SIGGRAPH 2000 (New Orleans, LA, July 23-28, 2000). In Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, pages 297–306. ACM SIGGRAPH, 2000.
 - [18] Ken Perlin, Salvatore Paxia, Joel S. Kollin. An autostereoscopic display. In SIGGRAPH 00 Conference Proceedings, Annual Conference Series, pp. 319-326, 2000.
 - [19] ChromaTek Inc., <http://www.chromatek.com/>
 - [20] Zebra Imaging, Inc., <http://www.zebraimaging.com/>
 - [21] Sanyo Electric Co. Ltd., <http://www.sanyo.com/>
 - [22] 3DZ, <http://www.3dz.co.uk/>
 - [23] Stereographics Ltd., <http://www.stereographics.com/>
 - [24] Actuality Systems, Inc, <http://www.actuality-systems.com/>
 - [25] Felix 3D, <http://www.felix3d.com/>
 - [26] Genex Technologies, Inc., <http://www.genextech.com/>
 - [27] IO2 Technology LLC, <http://www.io2technology.com/>
 - [28] FogScreen Inc., <http://www.fogscreen.com/>
 - [29] LightSpace Technologies Inc., <http://www.lightspacetech.com/>