

PROGRAMA DE POSTGRAU REALITAT VIRTUAL

*Codificació de parees estereoscòpicas.
Tipos de Estéreo.*

**Carlos Andújar
(UPC)**

Noviembre 2002

Contexto de la sesión

Módulo 2. Dispositivos y plataformas hardware.

- 2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada
- 2.2 Dispositivos efectores. Dispositivos de visualización
- 2.3 Funcionamiento de los equipos del CRV ()
- 2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.
- 2.5 Proceso de generación de imágenes estereoscópicas
- 2.6 Codificació de parees estereoscòpicas. Tipos de estéreo ← ...

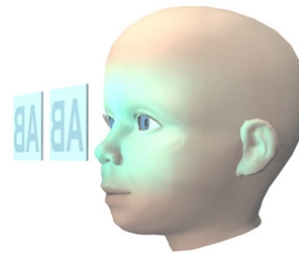
Motivación

- Hoy en día existen diferentes estrategias para la codificación y separación del par estereoscópico.
- Muchas de estas estrategias (estéreo pasivo, estéreo activo) sólo están disponibles en sistemas especializados.
- Es necesario conocer los distintos sistemas de estéreo, así como sus:
 - Requisitos hardware y software
 - Ventajas e inconvenientes.



Contenidos

1. Etapas del proceso de generación de imágenes estereoscópicas.
2. Tipos de estéreo. Estéreo activo. Estéreo pasivo



Objetivos

El estudiante deberá ser capaz de:

- Describir las diferentes etapas del proceso de generación de imágenes estereoscópicas.
- Explicar los diferentes tipos de estereo disponibles actualmente.
- Determinar los requisitos software y hardware de cada tipo de estereo.
- Determinar la adecuación de un tipo de estereo para una aplicación concreta.

Metodología y organización

Metodología:

- Exposición teórica con participación de los estudiantes.
- Discusión y trabajo en grupo.

Temporalización:

- Primera parte: tema 1
- Segunda parte: tema 2

Contenidos

- 1. Etapas del proceso de generación de imágenes estéreo.**
2. Tipos de estéreo

1. Etapas del proceso

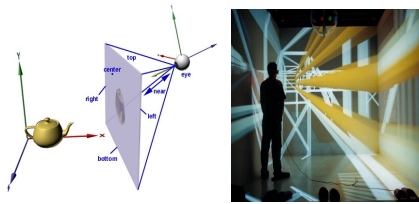
1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico

Cálculo de la cámara

1. **Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho**
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico

- Obtener los parámetros de la cámara virtual correspondiente al ojo izdo y la del ojo dcho.
- Cada cámara depende de la posición del ojo *respecto la pantalla*.
- Tipos:

- **Con head-tracking**
 - **Pantalla fija**
 - Pantalla acoplada
- Sin head-tracking



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

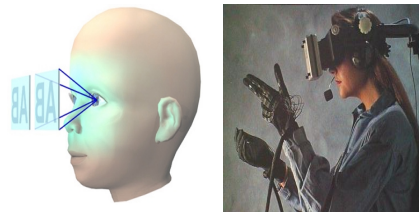
9

Cálculo de la cámara

1. **Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho**
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico

- Obtener los parámetros de la cámara virtual correspondiente al ojo izdo y la del ojo dcho.
- Cada cámara depende de la posición del ojo *respecto la pantalla*.
- Tipos:

- **Con head-tracking**
 - Pantalla fija
 - **Pantalla acoplada**
- Sin head-tracking

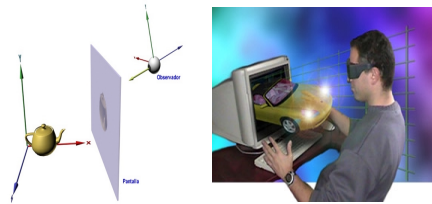


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

10

Cálculo de la cámara

1. **Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho**
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



- Obtener los parámetros de la cámara virtual correspondiente al ojo izdo y la del ojo dcho.
- Cada cámara depende de la posición del ojo *respecto la pantalla*.
- Tipos:
 - Con head-tracking
 - Pantalla fija
 - Pantalla acoplada
 - Sin head-tracking

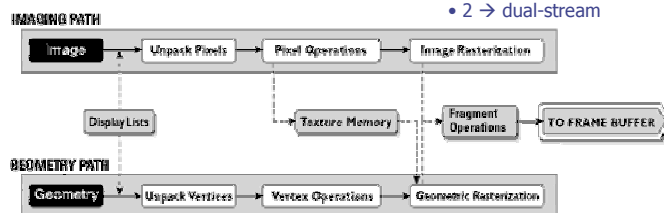
2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

11

Generación de la imagen

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. **Generación de la imagen**
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico

- Dada una cámara virtual y un modelo geométrico, calcula la imagen correspondiente.
- Suelen utilizarse librerías gráficas de alto nivel: OpenGL, Direct3D...
- Tipos: ¿Cuántos canales?
 - 1 → time-shared
 - 2 → dual-stream

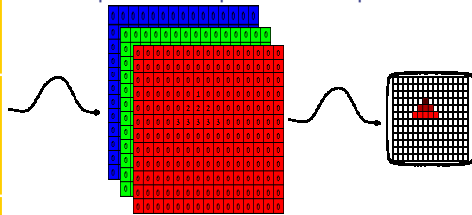


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

12

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



- **Framebuffer** = parte de la memoria de vídeo donde se representan las imágenes a visualizar.
- Está compuesto por varios planos.
- Generalmente existe una correspondencia 1:1 entre las celdas del framebuffer y los píxeles de la pantalla. Ej. tamaño: 800x600
- Los planos representan información diversa de cada píxel de la imagen:

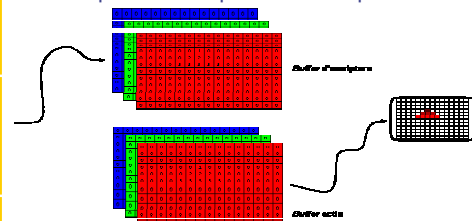
- Color RGB (ej. 24/32 bits)
- Z-depth (ej. 24/32 bits)
- Alpha (ej. 24/32 bits)
- Stencil (1 bit)...

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estereo

13

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



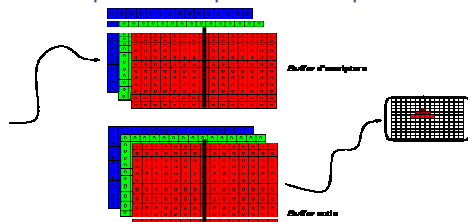
- **Double-buffering** = técnica usada en animación 3D.
- Consiste en disponer de dos buffers intercambiables:
 - front-buffer
 - back-buffer
- Se utiliza derivada de los dispositivos basados en CRT.
- La práctica totalidad de las tarjetas gráficas lo incorpora.
- La sincronización de swapbuffers puede desactivarse.
 - Para medir eficiencia.
 - Por usar LCD.

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estereo

14

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

15

• **Formatos estéreo:** método para representar en la memoria de video dos imágenes L/R simultáneamente.

• Tipos de formatos estéreo:

- Basadas en frames:
 - Quad-buffering
 - Above-&-below

- Basadas en líneas:

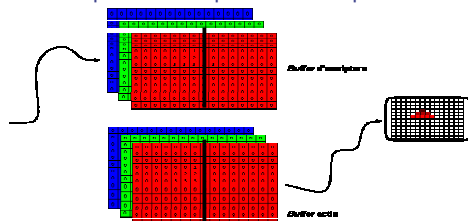
- Line-sequential

- Basado en planos de color

- Anaglyph

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

16

• **Quad-buffering** = técnica usada en animación 3D estéreo de 1 canal.

• Consiste en disponer de cuatro buffers intercambiables:

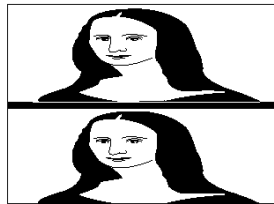
- front-left
- front-right
- back-left
- back-right

• Necesidad de dos buffers **front**: visualizar el par estéreo durante todo el tiempo que la aplicación tarda en dibujar el siguiente frame.

• Necesidad de dos buffers **back**: el intercambio left/right es simultáneo!

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



• **Formatos estéreo:** método para representar en la memoria de video dos imágenes L/R simultáneamente.

• Tipos de formatos estéreo:

- Basadas en frames:
 - Quad-buffering
 - **Above-&-below**

- Basadas en líneas:
 - Line-sequential

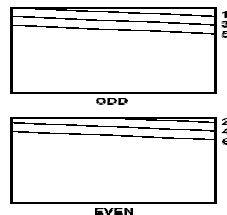
- Basado en planos de color
 - Anaglyph

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

17

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



• **Formatos estéreo:** método para representar en la memoria de video dos imágenes L/R simultáneamente.

• Tipos de formatos estéreo:

- Basadas en frames:
 - Quad-buffering
 - Above-&-below

- Basadas en líneas:
 - **Line-sequential**

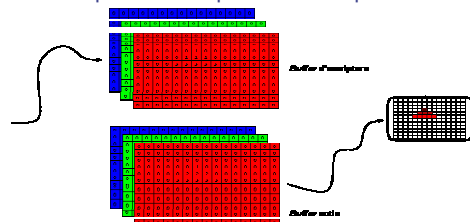
- Basado en planos de color
 - Anaglyph

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

18

Representación en el FB

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. **Representación en el framebuffer**
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

19

• **Formatos estéreo:** método para representar en la memoria de video dos imágenes L/R simultáneamente.

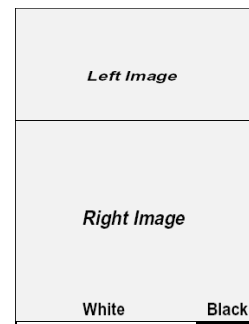
• Tipos de formatos estéreo:

- Basadas en frames:
 - Quad-buffering
 - Above-&-below
- Basadas en líneas:
 - Line-sequential
- Basado en planos de color
 - **Anaglyph**

Codificación de la señal

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. **Codificación de la señal de vídeo**
5. Visualización/proyección en pantalla
6. Separación del par estereoscópico

• **White-line-code:** técnica usada para distinguir el frame izdo. del dcho.



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

20

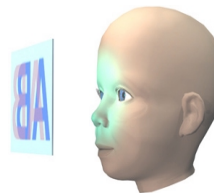
Visualización/proyección

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. **Visualización/proyección en pantalla**
6. Separación del par estereoscópico

• Proyección separada



• Proyección conjunta



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

21

Separación del par estéreo

1. Cálculo cámara virtual ojo izdo/dcho
2. Generación de la imagen
3. Representación en el framebuffer
4. Codificación de la señal de vídeo
5. Visualización/proyección en pantalla
6. **Separación del par estereoscópico**

Métodos de separación para
proyección conjunta:

- Time-multiplexing
 - Shutter-glasses
 - Shutter-screen (Z-screen)+polarización circular
- Polarización
 - Lineal
 - Circular
- Filtros anaglíficos
- Rejillas (autoestereoscopia)

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

22

Shutter glasses

- Un filtro LCD obstruye o no el paso de la luz de forma sincronizada con la señal de vídeo.
- En cada instante hay un filtro en estado "transparente" y otro en estado "opaco"
- Requiere una frecuencia $>100\text{Hz}$.
- Sincronización entre gafas y el hardware gráfico:
 - infrarrojos
 - cable



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

23

Shutter glasses

- Fuente de sincronismo:
 - placas "stereo-ready"
 - Señal dedicada (ex. VESA mini DIN-3)
 - placa gráfica no estéreo
 - connector VGA (pass-through)
 - puerto serie o paralelo
 - slot ISA



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

24

Z-screen

- Polariza las imágenes alternativamente en sentido horario o anti-horario.
- Se utiliza conjuntamente con gafas polarizadas circularmente.
- Diferentes modos de funcionamiento:
 - “frame-sequential” pantalla completa: un frame para el ojo dcho, otro para el izdo. Sincronismo: VGA, mini-DIN3...
 - “line-sequential” líneas: una línea para el ojo dcho, otra para el izdo... Sincronismo: pixels no visibles.
 - sync double for above-below split screen

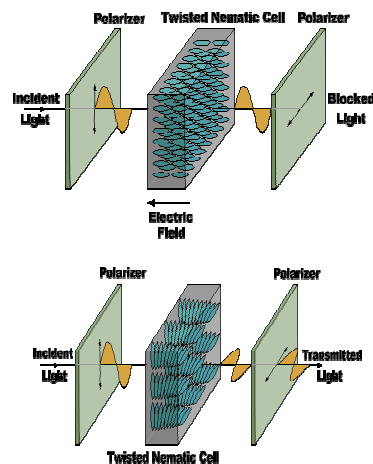


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

25

Polarización lineal

- Basado en filtros polarizadores lineales
 - En los proyectores
 - En las gafas
- Colocados a 90°
- Muy económicos
- Sensibles a orientación

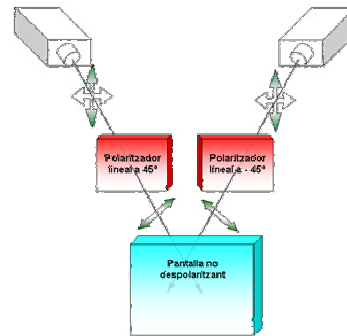


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

26

Polarización lineal

- Basado en filtros polarizadores lineales
 - En los proyectores
 - En las gafas
- Colocados a 90°
- Muy económicos
- Sensibles a orientación

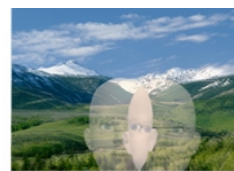


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

27

Polarización circular

- Basado en filtros polarizadores circulares
 - En los proyectores
 - En las gafas
- Colocados en sentido horario/antihorario.
- Económicos
- Insensibles a orientación



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

28

Filtros anaglíficos

- Basado en filtros de colores complementarios:
 - R-GB, G-RB, B-RG
- Ejemplo: gafas rojo-cian: el ojo izdo filtra las componentes G y B; deja pasar el R.
- Tras la fusión se pierde la información de color.
- Muy económicas

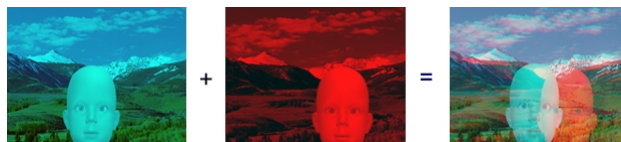


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

29

Filtros anaglíficos

- Ejemplo: el ojo izdo filtra las componentes G y B; deja pasar el R. Por tanto:
 - Blanco se ve rojo
 - Rojo se ve rojo
 - Verde se ve negro
 - Azul se ve negro
 - Amarillo (R+G) se ve rojo.
 - Cian (G+B) se ve negro.



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

30

Contenidos

1. Etapas del proceso de generación de imágenes estereoscópicas.
- 2. Tipos de estéreo**

2. Tipos de estéreo

- **Dos pantallas** → Proyección separada: Cascos estereoscópicos
- **Una pantalla** → proyección conjunta
 - **Estéreo activo:** "usa gafas activas = shutter glasses"
 - Un proyector
 - CRT 120Hz
 - DLP 115Hz (*)
 - **Estéreo pasivo:** "usa gafas polarizadas"
 - Un proyector → Z-screen+polarización circular
 - CRT 120Hz
 - DLP 115Hz
 - Dos proyectores → filtros polarizadores (lineales o circulares)
 - 2 CRT
 - 2 DLP
 - 2 LCD (mejor con polarización interna!)

2. Tipos de estéreo

- **Dos pantallas** → Proyección separada: Cascos estereoscópicos
- **Una pantalla** → proyección conjunta

- **Estéreo activo:** "usa gafas activas = shutter glasses"

- Un proyector
 - CRT 120Hz
 - DLP 115Hz (*)

- **Estéreo pasivo:** "usa gafas polarizadas"

- Un proyector → Z-screen+polarización circular
 - CRT 120Hz
 - DLP 115Hz
- Dos proyectores → filtros polarizadores (lineales o circulares)
 - 2 CRT
 - 2 DLP
 - 2 LCD (mejor con polarización interna!)

Estéreo activo: fundamento

- Fundamento: el estéreo activo se basa en la utilización de gafas de obturación (*shutter glasses*).
- Las imágenes correspondientes al ojo derecho y al ojo izquierdo se proyectan sobre una única pantalla, alternativamente.
- Por tanto, se basa en una separación en el tiempo del par estereoscópico.



Estéreo activo: codificación

- Número de canales de vídeo: basta con una salida de vídeo.
- Codificación de les imàgenes en el frame buffer:
 - Quad-buffering
 - Above&Below
- Codificación de la señal de vídeo: existe una única señal en la que se codifican las dos imàgenes de forma alterna:



2.6 Codificación de pares estereoscòpicos. Tipos de estereo

35

Estéreo activo: codificación

- Dispositivo de visualización:
 - Requisitos:
 - baja persistencia
 - doblar la frecuencia de refresco (120Hz)!
 - Ejemplos:
 - Monitor CRT
 - Proyector CRT 120Hz (fast green phosphor)
 - Proyector DLP 115Hz (Barco)
- Separación del par estereoscòpico: shutter-glasses.



2.6 Codificación de pares estereoscòpicos. Tipos de estereo

36

Estéreo activo: visualización

```
// dibujamos imagen ojo derecho
calculoCamara(ojo_dcho);
glDrawBuffer(GL_BACK_RIGHT); // buffer actual = buffer dcho
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT|GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
dibujarEscena(...);
glFlush();
// dibujamos imagen ojo izdo
calculoCamara(ojo_izdo);
glDrawBuffer(GL_BACK_LEFT); // buffer actual = buffer izdo
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT|GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
dibujarEscena(...);
glFlush();
swapbuffers();
```

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estereo

37

Estéreo activo: valoración

- Resumen requisitos:
 - Hardware con un canal de vídeo, soporte de quad-buffering, capaz de generar señales de vídeo a 120Hz.
 - Pantalla o proyector que soporten la visualización a 120Hz.
 - Shutter-glasses
 - Sincronización entre el software gráfico y las gafas (infrarrojos, cable).
 - Fuente de sincronismo (Mini DIN, ...)
- Es posible usarlo con monitores de ordenador (>120Hz)
- Las gafas de obturación son caras.
- Usado en CAVEs

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estereo

38

2. Tipos de estéreo

- **Dos pantallas** → Proyección separada: Cascos estereoscópicos
- **Una pantalla** → proyección conjunta
 - **Estéreo activo:** “usa gafas activas = shutter glasses”
 - Un proyector
 - CRT 120Hz
 - DLP 115Hz (*)
 - **Estéreo pasivo:** “usa gafas polarizadas”
 - Un proyector → Z-screen+polarización circular
 - CRT 120Hz
 - DLP 115Hz

- **Dos proyectores → filtros polarizadores (lineales/circulares)**
 - 2 CRT
 - 2 DLP
 - 2 LCD (mejor con polarización interna!)

2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

39

Estéreo pasivo: fundamento

- Fundamento: el estéreo activo se basa en la utilización de gafas polarizadas, bien linealmente, bien circularmente.
- Las imágenes correspondientes al ojo derecho y al ojo izquierdo se proyectan sobre una única pantalla, simultáneamente.
- Existen filtros en los proyectores y en las gafas del usuario.

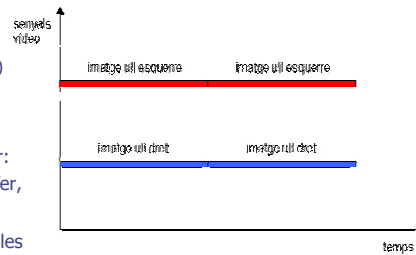


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

40

Estéreo pasivo: codificación

- Número de canales de vídeo: se requieren dos canales de vídeo (excepto si se usa Z-screen). Un canal proporcionará la imagen para el ojo izdo, y otro para el dcho.
- Los dos canales de vídeo pueden obtenerse:
 - Tarjeta gráfica con salida dual (dual-head)
 - Dos estaciones gráficas sincronizadas (Ethernet)
- Codificación de las imágenes en el frame buffer: puesto que cada canal incorpora su propio buffer, no se requieren técnicas especiales.
- Codificación de la señal de vídeo: hay dos señales de vídeo.

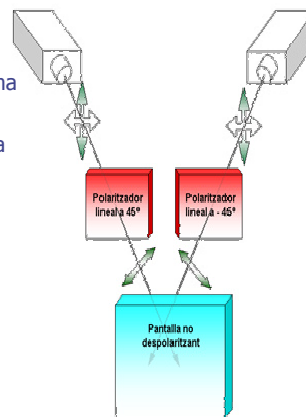


2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

41

Estéreo pasivo: codificación

- Dispositivo de visualización:
 - Requisitos:
 - Dos proyectores enfocados sobre la misma pantalla.
 - Dos filtros (uno frente al objetivo de cada proyector).
 - Ejemplos:
 - 2 CRT
 - 2 DLP
 - 2 LCD (polarización interna!)
- Separación del par estereoscópico: gafas polarizadas.



2.6 Codificación de pares estereoscópicos. Tipos de estéreo

42

Estéreo pasivo: visualización

```
// Proceso que controla el canal de vídeo derecho:
calculoCamara(ojo_dcho);
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT|GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
dibujarEscena(...);
```

```
Proceso que controla el canal de vídeo izquierdo:
calculoCamara(ojo_izdo);
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT|GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
dibujarEscena(...);
```

- Los dos procesos anteriores pueden ejecutarse en una máquina o en dos.
- Las nuevas tarjetas (Matrox, Nvidia, ATI...) permiten usar un formato side-by-side de forma que cada mitad del framebuffer se envía a una salida distinta.

Estéreo pasivo: valoración

- Resumen requisitos:
 - Hardware con dos canales de vídeo.
 - Dos proyectores
 - Dos filtros de polarización colocados a la salida de cada proyector.
 - Pantalla de proyección **que preserve la polarización de la luz.**
 - Gafas de polarización
- Ventaja: Es posible usar proyectores muy económicos (frecuencia de refresco normal).
- Inconveniente: es preciso duplicar todo el hardware: salidas gráficas, proyectores, filtros...
- Usado para proyección en pantallas de gran formato (IMAX 3D...)

Resumen

- Existen dos sistemas de estéreo ampliamente difundidos.
- El **estéreo activo** se basa en la utilización de gafas de obturación.
- Su principal ventaja es que requiere un único proyector, o bien un monitor.
- Su principal inconveniente es que debe duplicarse la frecuencia de refresco.
- El **estéreo pasivo** se basa en gafas polarizadas.
- Su principal ventaja es que puede usarse con proyectores económicos.
- Su principal inconveniente es que requiere dos proyectores, y que no puede usarse con un monitor (salvo usando un dispositivo Z-screen).

Recursos

Stereo3D

<http://www.stereo3d.com/3dhome.htm>

StereoGraphics Corporation (1997): "Developers' Handbook: Background on Creating Images for CrystalEyes and SimulEyes", Página Web

<http://www.stereographics.com>

Kaufman, Lloyd (1974): "An introduction to visual perception", Oxford University Press.

Valyus, N.A. (1962): "Stereoscopy". Focal Press New York.