

# PROGRAMA DE POSTGRAU REALITAT VIRTUAL

*Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada*

Carlos Andújar  
(UPC)

Octubre 2002

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

1

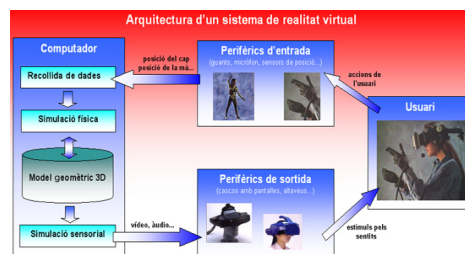
## Contexto de la sesión

Módulo 2. Dispositivos y plataformas hardware.

→ 2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada ←

2.2 Dispositivos efectores. Dispositivos de visualización

...



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

2

## Motivación

- Los sistemas de Realidad Virtual utilizan, además del hardware convencional, un hardware específico que es importante conocer.
- En general este hardware es poco conocido, a pesar de que:
  - Reúne una parte considerable del coste total de un sistema VR.
  - De su correcta elección puede depender el éxito o fracaso del sistema.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

3

## Motivación (ii)

- Además, el mercado del hardware de realidad virtual presenta estas características:
  - Pocos distribuidores (y poco formados!)
  - Dificultad de probar antes de comprar.
  - Dificultad de valorar el producto a partir de la documentación.
  - Mercado en continua evolución (productos y *fabricantes*).
- Importancia de la formación en sistemas de entrada.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

4

## Contenidos

1. Concepto y clasificación
2. Posicionadores (*trackers*).
3. Guantes de entrada (*data gloves*).
4. Otros dispositivos de entrada.

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

5

## Objetivos

El estudiante deberá ser capaz de:

- Describir el funcionamiento y aplicaciones de los principales dispositivos de entrada.
- Interpretar las especificaciones de un dispositivo de entrada.
- Comparar y valorar varios dispositivos de entrada.
- Elegir el dispositivo de entrada más adecuado a una aplicación concreta.
- Tomar decisiones sobre compra de hardware de entrada

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

6

# Metodología y organización

## Metodología:

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

## Temporalización:

- Primera hora: hasta posición y orientación.
- Segunda hora: tecnologías posicionadores.
- Tercera hora: Guantes y otros dispositivos.

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

7

# Contenidos

- 1. Concepto y clasificación**
2. Posicionadores (*trackers*).
3. Guantes de entrada (*data gloves*).
4. Otros dispositivos de entrada.

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

8

# 1. Concepto

- Dispositivos de entrada (**sensores**): capturan las *acciones del participante* (por ejemplo los movimientos de la cabeza) y envían esa información al computador encargado de llevar a cabo la simulación interactiva.
- Se suelen considerar como dispositivos de realidad virtual si:
  - Utilizan el paradigma de la *interacción implícita*, o bien
  - Proporcionan entrada 3D al sistema.
- Relacionados, pero no considerados de realidad virtual:
  - Dispositivos de adquisición de modelos 3D.

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

9

# Clasificación

- Interacción implícita:
  - Posicionadores
  - Guantes de datos
  - Reconocimiento de voz
- Entrada 3D:
  - Ratones 3-6DOF.
  - Space balls, etc.
- Captación (usados para crear mundos virtuales)
  - Scanners 3D

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

10

## Contenidos

1. Concepto y clasificación
- 2. Posicionadores (*trackers*).**
3. Guantes de entrada (*data gloves*).
4. Otros dispositivos de entrada.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

11

## 2. Posicionadores

- Función
  - Los posicionadores (*tracking systems*) son sensores que tienen como misión capturar la posición y/o orientación de un objeto real.
- Prestaciones
  - Sólo posición (3 DOF)
  - Sólo orientación (2-3 DOF)
  - Posición y orientación (6 DOF)



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

12

## Aplicaciones

- Head-tracking, eye-tracking
  - Imágenes ojo-referenciadas
  - Navegación basada en movimientos de la cabeza

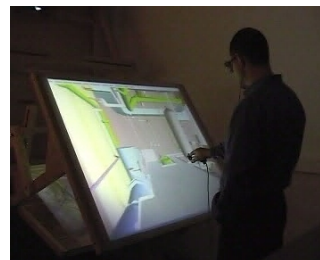


2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

13

## Aplicaciones

- Hand-tracking, device-tracking
  - Manipulación directa de objetos (múltiples metáforas).
  - Navegación basada en la mano (junto con guantes).
  - Lenguaje de signos. Comunicación con otros usuarios.

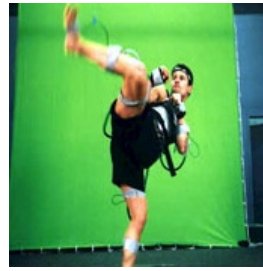
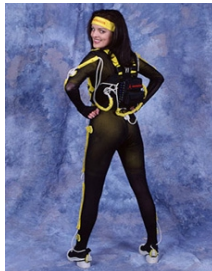


2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

14

## Aplicaciones

- Face-tracking, Body-tracking
  - Interacción basada en avatar (juegos)
  - Captación off-line de secuencias complejas (deportistas, infografía)



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

15

## Sesión práctica

*Discusión sobre:*

- o Head-tracking: <http://www.automation.hut.fi/~etala/>
- o Eye-tracking: <http://www.polhemus.com/visntrak.htm>
- o Hand-tracking: <http://www.hci.iis.u-tokyo.ac.jp/research/EnhancedDesk/>

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

16



## Sobre la posición

La posición puede darse de dos formas:

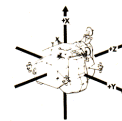
- Posición absoluta ( $x, y, z$ ): la posición se expresa en unidades conocidas respecto a un sistema de coordenadas fijo.
- Posición relativa ( $dx, dy, dz$ ): la posición se expresa como un desplazamiento respecto a la posición inicial o a la inmediatamente anterior.
  - Requieren calibración (al inicio deben estar en una posición conocida).
  - El error es acumulativo.
  - Poca exactitud.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

17

## Sobre la orientación

- Se definen dos sistemas de referencia:
  - Uno global (fijo, ligado por ejemplo al emisor)
  - Uno local (dinámico, ligado al objeto)
- En último término nos interesa conocer la rotación (matriz de TG) que transforma el SR global en el SR local.
- La rotación se puede representar de varias formas:
  - Cosenos directores (*direction cosines*)
  - Ángulos de Euler (*Euler angles*)
  - Eje + ángulo (*angle axis representation*)
  - Coordenadas esféricas (*spherical coordinates, polar coord*)
  - Cuaternión (*quaternion*)



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

18

## Cosenos directores

- La orientación se expresa con nueve valores (9DOF):
 

$u_x, u_y, u_z$	<< Vector unitario en la dirección del eje X'
$v_x, v_y, v_z$	<< Vector unitario en la dirección del eje Y'
$w_x, w_y, w_z$	<< Vector unitario en la dirección del eje Z'
- La matriz de rotación se obtiene simplemente disponiendo los tres vectores en columnas.
- Es la representación más completa e intuitiva.
- Es muy redundante (9 reales!)

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

19

## Ángulos de Euler

- La orientación se expresa con tres valores (3 DOF):
 

$x, y, z$	<< Ángulos de rotación respecto a cada eje
-----------	--
- La rotación se obtiene como:
 

$Rot_x, Rot_y, Rot_z$
-----------------------
- Para que no sea ambiguo hay que fijar:
  - un orden de aplicación de las rotaciones (XYZ, XZY...)
  - una interpretación (alibi, alias).
- Es bastante intuitivo.

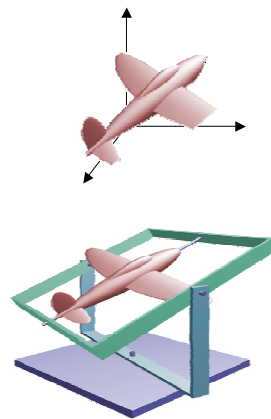
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

20

## Ángulos de Euler (ii)

Dos interpretaciones o formas de visualizar una composición de rotaciones  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ :

- **Alibi:** Todas las rotaciones se realizan respecto a uno de los tres ejes de un Sistema de Referencia Global que es fijo, en el orden  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ .
- **Alias:** Las rotaciones se realizan respecto a un Sistema de Referencia Local ligado al objeto, en orden inverso:  $R_z$ ,  $R_y$ ,  $R_x$ .



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

21

## Ángulos de Euler (iii)

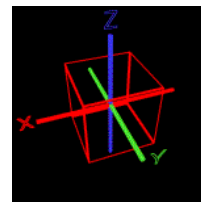
- Problemas:
  - Las rotaciones no están definidas de forma unívoca:  $(z, x, y) = (90, 45, 45) = (45, 0, -45)$
  - Las coordenadas cartesianas son independientes entre sí; los ángulos de Euler no.
  - Gimbal lock

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

22

## Ángulos de Euler (iv)

- Gimbal lock
  - Problema que presentan los ángulos de Euler cuando se usan en animación (no afecta posicionadores).
  - Se produce cuando, debido a una rotación de  $90^\circ$  respecto al segundo eje, la tercera rotación puede "deshacer" el efecto de la primera.
  - Ej.  $(X, Z, Y) = (45, z, 45)$ , cuando  $z=90$
  - Resultados inesperados.






2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

23

## Ángulos de Euler (v)

- A veces se usan nemotécnicos para los ángulos, que derivan de la aeronáutica:

<b><i>yaw</i></b> ( <i>azimuth, twist</i> )	
<b><i>pitch</i></b> ( <i>elevation, tilt</i> )	
<b><i>roll</i></b> ( <i>somersault</i> )	

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

24

## Eje + ángulo

- La orientación se expresa con cuatro valores (4DOF):
  - $x, y, z$  << Vector unitario (eje de rotación arbitrario)
  - $angle$  << Ángulo de rotación respecto al vector
- La rotación se obtiene rotando *angle* grados alrededor del eje determinado por el vector  $(x, y, z)$ .

## Coordenadas esféricas

- La orientación se expresa con tres valores (3DOF):
  - $long, lat$  << Longitud/latitud de un vector unitario
  - $angle$  << Ángulo de rotación respecto al vector
- Es equivalente a la notación eje+ángulo, sólo que el vector unitario se representa en coordenadas esféricas.

## Cuaterniones

- La orientación se expresa con cuatro valores:  
 $x, y, z$  << Vector unitario (eje de rotación arbitrario)  
 $w$  << Rotación respecto al vector
- La rotación se obtiene rotando  $2 \cdot \arccos(w)$  alrededor del eje determinado por el vector  $(x, y, z)$ .
- Es una notación muy similar a eje+rotación; tiene ventajas en animación, al ser muy fácil interpolar entre dos orientaciones.
- Es menos intuitivo.

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

27

## Sesión práctica

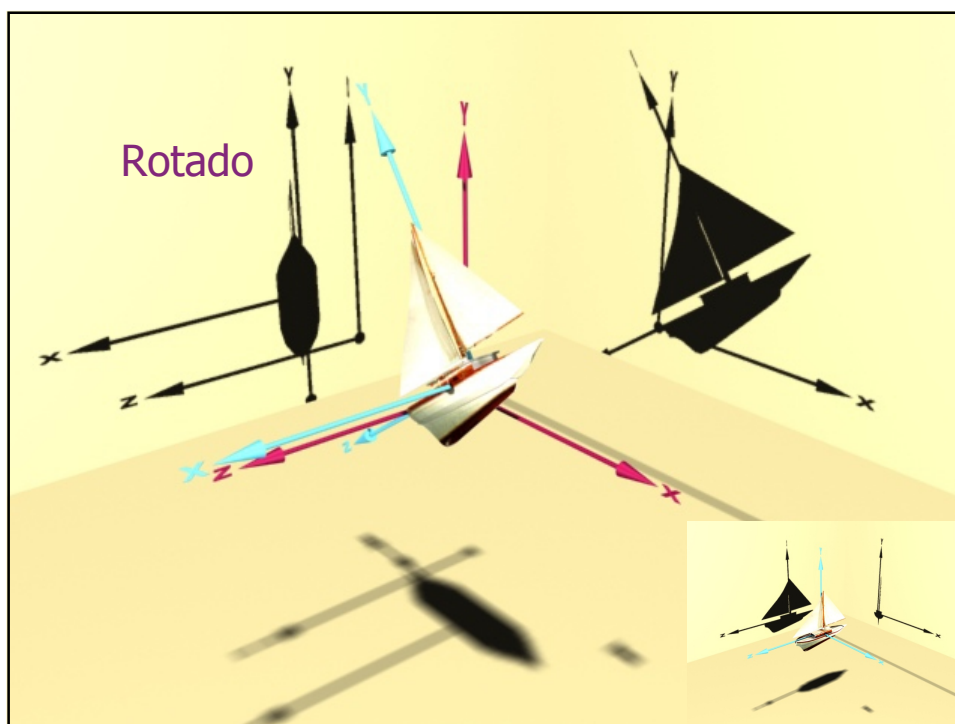
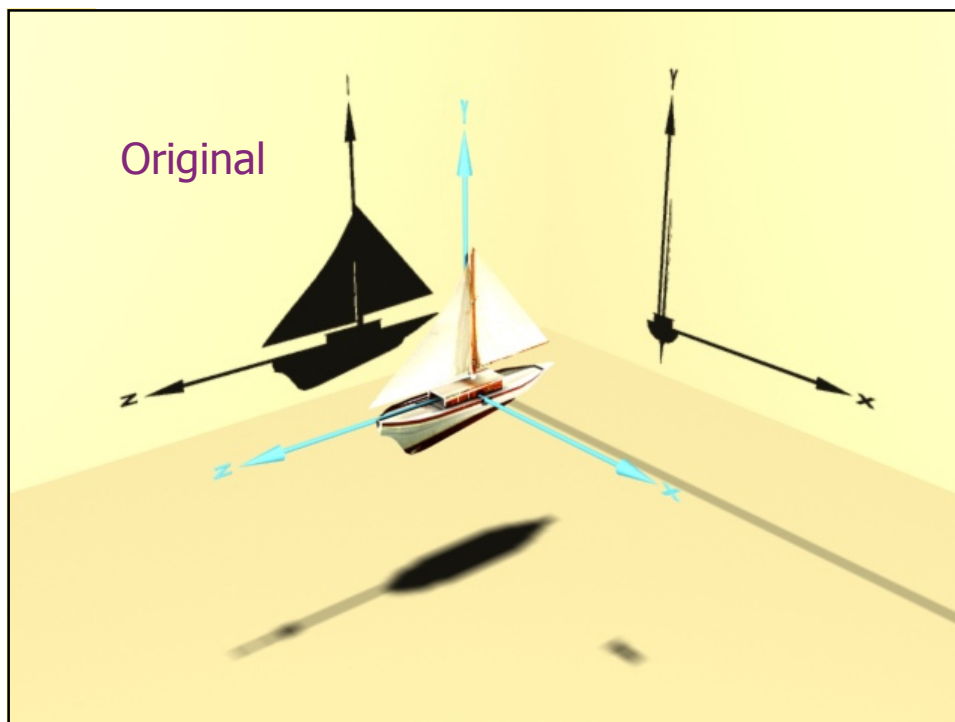
Para la siguiente la orientación de la siguiente página:

- ¿Cuáles son los cosenos directores?
- ¿Cuáles son los ángulos de Euler (X, Y, Z)- alibi?

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

28

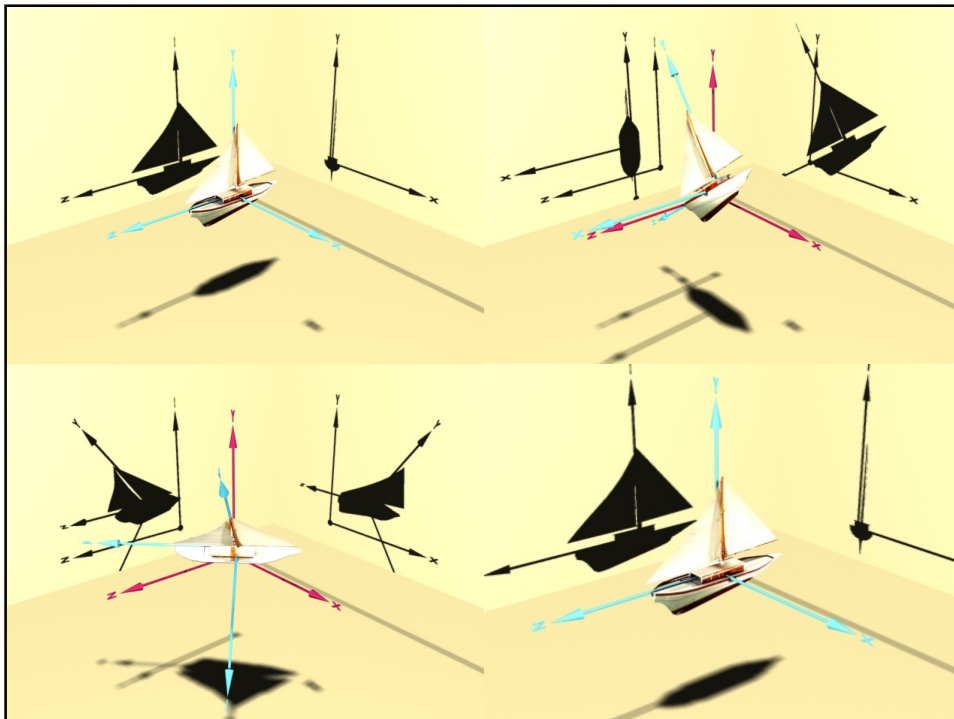


## Sesión práctica

- ¿Alguna de estas orientaciones tiene a ángulos de Euler  $(Z, X, Y) = (45, 0, 45)$ ?

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

31





# Tecnologías

## Posicionadores según tecnología:

- Magnéticos
- Ópticos
- Acústicos
- Mecánicos
- Inerciales

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

33

# Posicionadores magnéticos

## Funcionamiento:

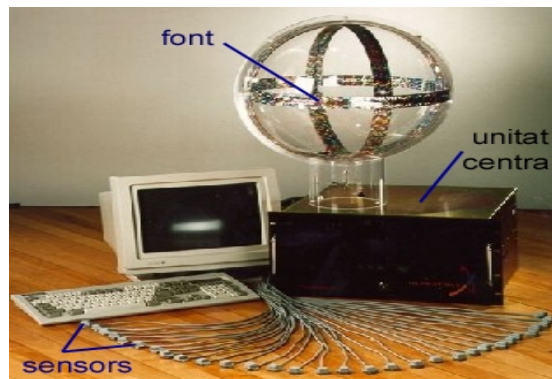
- Se basan en la atenuación de campos magnéticos ortogonales.
- Cada sistema incluye:
  - Emisor: genera el campo magnético.
  - Receptores: detectan campo magnético.
  - Unidad de control.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

34

## Posicionadores magnéticos



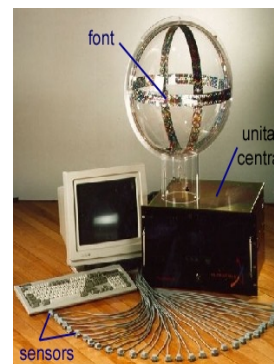
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

35

## Posicionadores magnéticos

Emisor:

- Es fijo. Define el SR global.
- Consta de tres bobinas ortogonales por las que se hace circular corriente eléctrica de forma rotativa.
- Cada bobina da lugar a un campo magnético perpendicular a los demás (secuenciales en el tiempo).



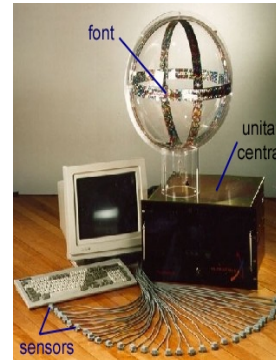
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

36

## Posicionadores magnéticos

### Sensor:

- Se fijan al objeto que se quiere seguir.
- Contienen tres bobinas, pero en este caso se mide la corriente inducida por el campo magnético que rodea al sensor.
- Suelen estar unidos a la unidad central por un cable.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

37

## Posicionadores magnéticos

### Unidad de control:

- Alimenta el emisor
- Lee los datos de los receptores
- Resuelve un sistema de ecuaciones:
  - Incógnitas: 6 (3 posición + 3 orientación)
  - Ecuaciones: 9 (3 lecturas/campo \* 3 campos)
  - A pesar de ello, es indeterminado (hemisphere).
- Envía los datos (via RS-232, ej.)



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

38

## Posicionadores magnéticos

### Tipos:

- Polhemus (DC, corriente continua)- [www.dephion.com](http://www.dephion.com) patent 4613866
- Ascension (AC, corriente alterna) -[www.dephion.com](http://www.dephion.com) patent 4849692

### Prestaciones:

- Polhemus Fastrack:
  - latencia 4 msec, 120 Hz/receptores, AC field, RS232
  - Euler angles, Directional Cosines, Quaternions
- Ascension Flock of Birds:
  - latencia 7.5 msec, 144 Hz, DC field
  - Euler angles, Directional Cosines

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

39

## Posicionadores magnéticos

### Ventajas

- Los más usados.
- No requieren "line-of-sight"
- Mucha precisión. Bastante exactitud.
- Múltiples receptores; tamaño reducido.

### Inconvenientes:

- Radio acción limitado (2 y 10 metros)
- Sensibles a superficies ferromagnéticas
- Sensibles a otros campos magnéticos
- Cables

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

40

## Sesión práctica

- Polhemus Isotrack

<http://www.polhemus.com/isotrks.htm>

## Posicionadores ópticos

Funcionamiento:

- Basados en procesamiento de imágenes.
- Varios tipos:
  - Cámaras estéreo (2 o más cámaras conocidas)
  - Barrido láser
  - Otras técnicas de procesamiento de la imagen (silueta, puntos de fuga...)



## Posicionadores ópticos

### Cámaras estéreo (2 o más cámaras conocidas)

#### – Para cada punto $p$ a registrar:

- Se detecta la posición en cada imagen  $(x, y)$ ,  $(x', y')$  (problema de la correspondencia).
- Se obtiene  $(x, y, z)$  intersectando dos rectas.

#### – Suele requerir el uso de marcadores:

- Pasivos: puntos coloreados
- Activos: LEDs

## Posicionadores ópticos

### Ventajas

- Se pueden registrar gran cantidad de puntos
- Relativamente barato

### Inconvenientes

- Line-of-sight
- Espacio de trabajo limitado al FOV de las cámaras
- Overhead (o procesador dedicado).
- Tiempo de latencia variable.

## Posicionadores acústicos

Funcionamiento:

- Se basan en medir el tiempo de propagación (*time-of-flight*) de señales acústicas (ultrasonidos) generadas por altavoces y registradas por micrófonos.
- Tipos:
  - Emisores fijos, receptores móviles
  - Emisores móviles, receptores fijos

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

45

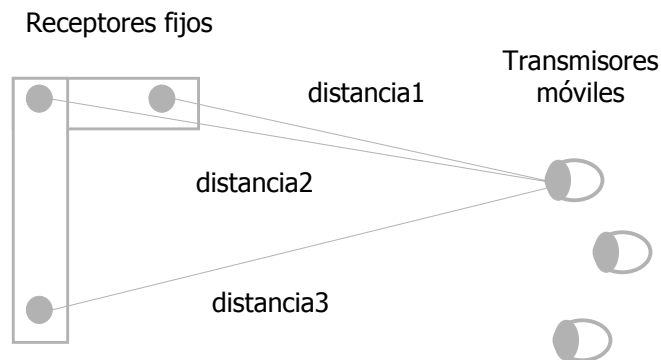
## Posicionadores acústicos

- Varias combinaciones:
  - Un emisor móvil y tres receptores fijos:
    - Suficiente para calcular posición (3 DOF).
    - Intersección de tres esferas.
  - Tres emisores y tres receptores:
    - Suficiente para calcular posición y orientación (6 DOF)
    - La orientación es trivial a partir de 3 puntos (p. ej. origen, punto en eje X y punto en eje Y).

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

46

## Posicionadores acústicos



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

47

## Posicionadores acústicos

- Ventajas
  - Coste muy reducido
- Inconvenientes
  - Line-of-sight
  - Las señales se distorsionan con mucha facilidad.
  - Sensibles a ruido ambiente, eco...
  - Latencia proporcional a la distancia (ej. a 3 metros, 10ms (minimo)).
  - Poca precisión. Poco usados.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

48



## Posicionadores mecánicos

### Funcionamiento

- Estructura articulada con potenciómetros en las articulaciones.
- Cada potenciómetro miden el ángulo de rotación.
- Un extremo (la base) es fijo.
- El otro extremo es libre
- La posición y orientación del extremo: concatenación de translaciones (según longitud de cada tramo) y rotaciones (según ángulos)
- Se usan en HCD y en PHANTOM



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

49

## Posicionadores mecánicos

### Ventajas

- Rápidos (latencia despreciable)
- Muy precisos
- Electrónica muy sencilla.



### Inconvenientes

- Requieren fijar el objeto al extremo libre de la estructura.
- Limita la libertad de movimientos.
- Coste dependiente de la estructura mecánica.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

50

## Posicionadores inerciales

### Funcionamiento

- Se basan en pequeños dispositivos que miden la aceleración a la que se les somete.
- Concretamente, detectan aceleración de masas (acelerómetros) y la orientación de masas rotatorias (giroscopios).
- Integrando en el tiempo la aceleración se obtiene la velocidad; integrando la velocidad se obtiene la posición.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

51

## Posicionadores inerciales

### Ventajas:

- Radio de acción ilimitado. No requieren cables ni están ligados a un SR fijo.

### Inconvenientes:

- La posición se mide de forma relativa.
- Los errores son acumulativos (cada posición se calcula a partir de la última posición calculada y con la velocidad en un diferencial de tiempo).
- Inexactos para medir posición absoluta.
- Sensibles a la velocidad del movimiento!

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

52

## Usando posicionadores

### Acceso a los datos del posicionador:

- Con aplicaciones de desarrollo propio:
  - SDK (dependiente del SO!)
  - Protocolo de comunicación (ej. RS232, hasta 115.200 bps)
    - Requiere usar un proceso o un thread dedicado, para reducir el tiempo de latencia y vaciar el buffer convenientemente.
    - Según la tecnología se requiere algún tipo de filtrado.
- Con aplicaciones externas:
  - Requiere usar un driver del fabricante del posicionador (poco frecuente) o del proveedor del soft (lo más habitual).

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

53

## Ejemplo con SDK

```
// Inicializar
handle=ISD_OpenTracker(NULL, 0, FALSE, FALSE);
ISD_ResetAngles(handle, 0.0f, 0.0f, 0.0f);

// Obtener datos
ISD_GetData(handle,&data);
float gYaw=data.Station[0].Orientation[0];
float gPitch=data.Station[0].Orientation[1];

// Usar datos
```

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

54

## Sesión práctica

- Disponemos de un sensor de posición 3DOF. ¿Cómo podemos usarlo para obtener orientación con 2DOF?
- ¿Qué es más importante en una CAVE, 3DOF posición o 3DOF orientación?

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

55

## Contenidos

1. Concepto y clasificación
2. Posicionadores (*trackers*).
- 3. Guantes de entrada (*data gloves*).**
4. Otros dispositivos de entrada.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

56

## 3. Guantes de datos

### Función

- Permiten de detectar la posición de los dedos de la mano, expresada como los ángulos de flexión de cada dedo.
- Tres ángulos por dedo (excepto el pulgar con dos).
- Se usan en combinación con posicionadores.

### Aplicaciones

- Manipulación directa de objetos.
- Interacción intuitiva (navegación, menús)
- Interacción basada en signos

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

57

## Guantes de datos

### Tecnologías

- Fibra óptica
- Mecánicos
- Resistencia
- Ópticos



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

58

## Guantes de fibra òptica

### Funcionamento

- Atenuación de la luz que se propaga en una fibra óptica.
- Cada dedo: uno o dos circuitos de fibra óptica especialmente tractada.
- La atenuación de la luz depende de la curvatura.
- Diferencia entre luz emitida y luz recibida.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

59

## Guantes de fibra òptica

### Ventajas

- Mucha precisión
- Ergonómicos
- Rápidos

### Inconvenientes:

- Muy poco exactos.
- Requieren constantes calibraciones.
- La curvatura de las fibras no siempre se corresponde con la de los dedos (fricción).

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

60

## Guantes mecánicos

### Funcionamiento

- Similar al de los posicionadores mecánicos.
- Los potenciómetros están incorporados en una estructura a modo de exoesqueleto.
- Otros modelos miden la elongación de un tubo telescópico.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

61

## Guantes mecánicos

### Ventajas

- Exactos y precisos
- Rápidos
- Posibilidad de force-feedback.

### Inconvenientes

- Caros
- Poco ergonómicos

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

62

## Guantes de resistencia

### Funcionamiento:

- Tintas resistivas: recubrimiento especial que ofrece una resistencia eléctrica variable según la elongación.
- Tecnología del popular PowerGlove de Mattel (el posicionamiento es acústico)

### Ventajas:

- Muy económicos

### Inconvenientes:

- Poco precisos.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

63

## Guantes ópticos

### Funcionamiento:

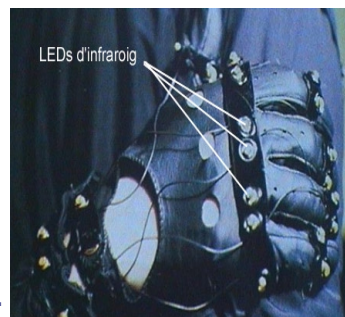
- A base de LEDs o marcadores pasivos, capturados por cámaras de vídeo.
- Similar al "dedal" de la mesa UPC.

### Ventajas:

- Sin cables.
- Ergonómicos.

### Inconvenientes:

- Line-of-sight
- Falta de precisión. Latencia elevada.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

64



## Contenidos

1. Concepto y clasificación
2. Posicionadores (*trackers*).
3. Guantes de entrada (*data gloves*).
- 4. Otros dispositivos de entrada.**

---

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

65

## 4. Otros dispositivos

- Microfonos
  - Reconocimiento de voz
  - Interacción a distancia (teleconferencia)
- Dispositivos de adquisición de modelos 3D
- Dispositivos de entrada 3D

---

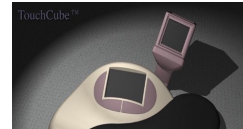
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

66

## Dispositivos de entrada 3D

### 2 DOF:

- De superficie apoyo:
  - Ratón clásico, Joystick clásico
- Sin superficie de apoyo:
  - Track ball, joystick tipo PSX



### 3-6 DOF:

- De superficie de apoyo:
  - Space ball: desplazamiento y momento angular
- Sin superficie de apoyo:
  - 3D balls, Stylus, 3D joysticks...



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

67

## Resumen

- Importancia del hardware de entrada.
- Posicionadores:
  - Permiten registrar los movimientos de un objeto o parte del cuerpo.
  - Tecnologías: magnéticos, mecánicos, ópticos, acústicos, inerciales...
- Guantes de entrada:
  - Permiten registrar los ángulos de flexión de los dedos.
  - Tecnologías: fibra óptica, mecánicos, ópticos...
- Dispositivos 3D:
  - Facilitan la interacción con modelos 3D

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

68

## Recursos en la web

Acoustic Positioning Systems (APR) inc.	<a href="http://www.positioning-research.com">http://www.positioning-research.com</a>
ActiSystem	<a href="http://www.actisystem.fr">http://www.actisystem.fr</a>
Analogus	<a href="http://www.analogus.com/indexf.html">http://www.analogus.com/indexf.html</a>
Ascension Technology Corporation	<a href="http://www.ascension-tech.com/graphic.htm">http://www.ascension-tech.com/graphic.htm</a>
Crossbow Technology	<a href="http://www.xbow.com">http://www.xbow.com</a>
CyberScan Inc	<a href="http://www.cyberscan.com">http://www.cyberscan.com</a>
General Reality Company	<a href="http://www.genrealty.com">http://www.genrealty.com</a>
Intersense Inc	<a href="http://www.isense.com">http://www.isense.com</a>
Motion Analysis Corporation	<a href="http://www.motionanalysis.com">http://www.motionanalysis.com</a>
Northern Digital Inc	<a href="http://www.ndigital.com">http://www.ndigital.com</a>
Origin Instruments Corporation	<a href="http://www.orin.com">http://www.orin.com</a>
Polhemus	<a href="http://www.polhemus.com/stards.htm">http://www.polhemus.com/stards.htm</a>
Simulation Special Effects, LLC	<a href="http://www.simulationfx.com/mocap.html">http://www.simulationfx.com/mocap.html</a>
Synapse HeadTracker 2000	<a href="http://www.synapseadaptive.com/synapse/headtracker2000.htm">http://www.synapseadaptive.com/synapse/headtracker2000.htm</a>
Systron Donner Inertial Division	<a href="http://www.systron.com">http://www.systron.com</a>
The Character Shop	<a href="http://www.Character-Shop.com/waldo.html">http://www.Character-Shop.com/waldo.html</a>
Vicon Motion Systems	<a href="http://www.vicon.com">http://www.vicon.com</a>
Virtual Technologies, Inc.	<a href="http://www.virtex.com">http://www.virtex.com</a>
VRDepot	<a href="http://www.vrdepot.com/vrteclg.htm">http://www.vrdepot.com/vrteclg.htm</a>

---

### 2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.