

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

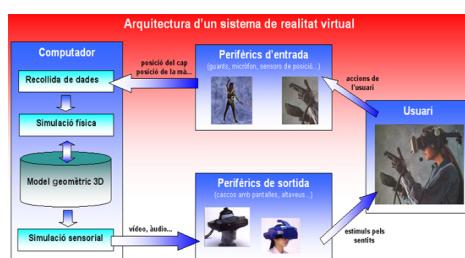
Contexto de la sesión

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:

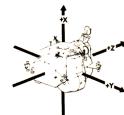
- Posición absoluta (x, y, z): la posición se expresa en unidades conocidas respecto a un sistema de coordenadas fijo.
- Posición relativa (dx, dy, dz): la posición se expresa como un desplazamiento respecto a la posición inicial o a la inmediatamente anterior.
 - Requieren calibración (al inicio deben 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:
 $\text{Rot}_x, \text{Rot}_y, \text{Rot}_z$
- Para que no sea ambiguo hay que fijar:
 - un orden de aplicación de las rotaciones (XYZ, XZY...)
 - una interpretación (alibi, alias).
- Es bastante intuitivo.

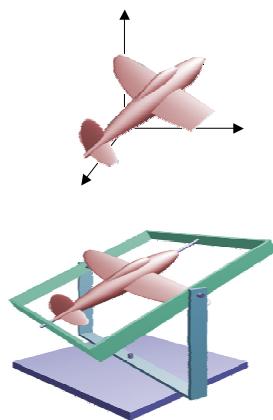
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

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)

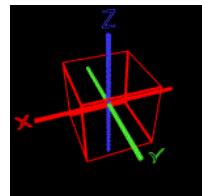
- Problemas:
 - Las rotaciones no están definidas de forma unívoca: $(z, x, y) = (90, 45, 45) = (45, 0, -45)$
 - Las coordenadas cartesianas son independientes entre sí; los ángulos de Euler no.
 - Gimbal lock

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 90º 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:

| | |
|--------------------------------|--|
| <i>yaw (azimuth, twist)</i> |  |
| <i>pitch (elevation, tilt)</i> |  |
| <i>roll (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).

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

25

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.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

26

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 $2 * \text{acos}(w)$ 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

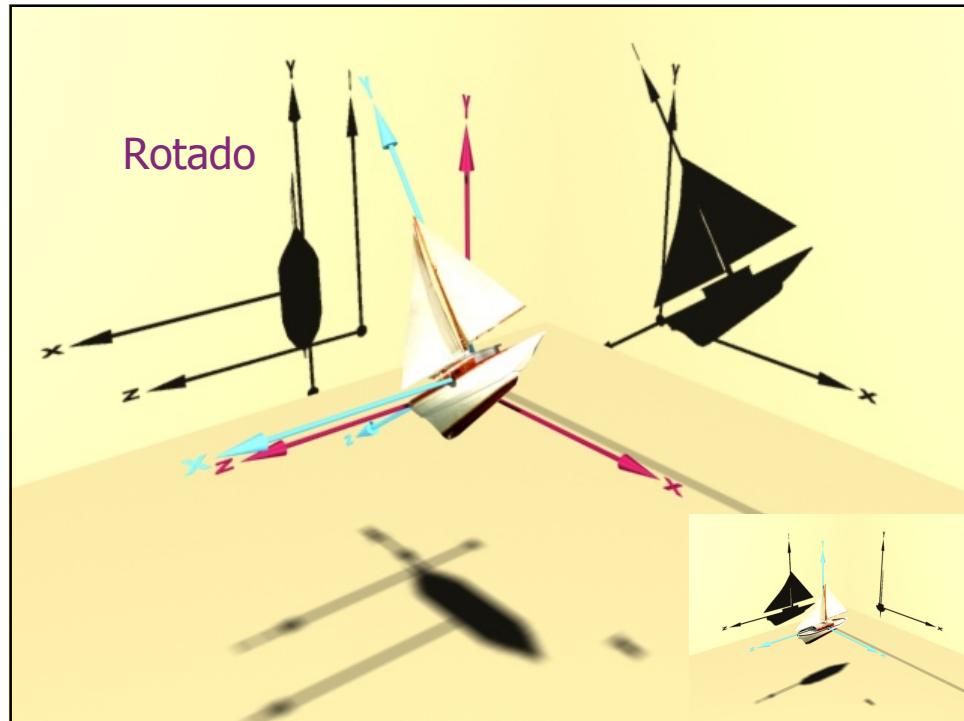
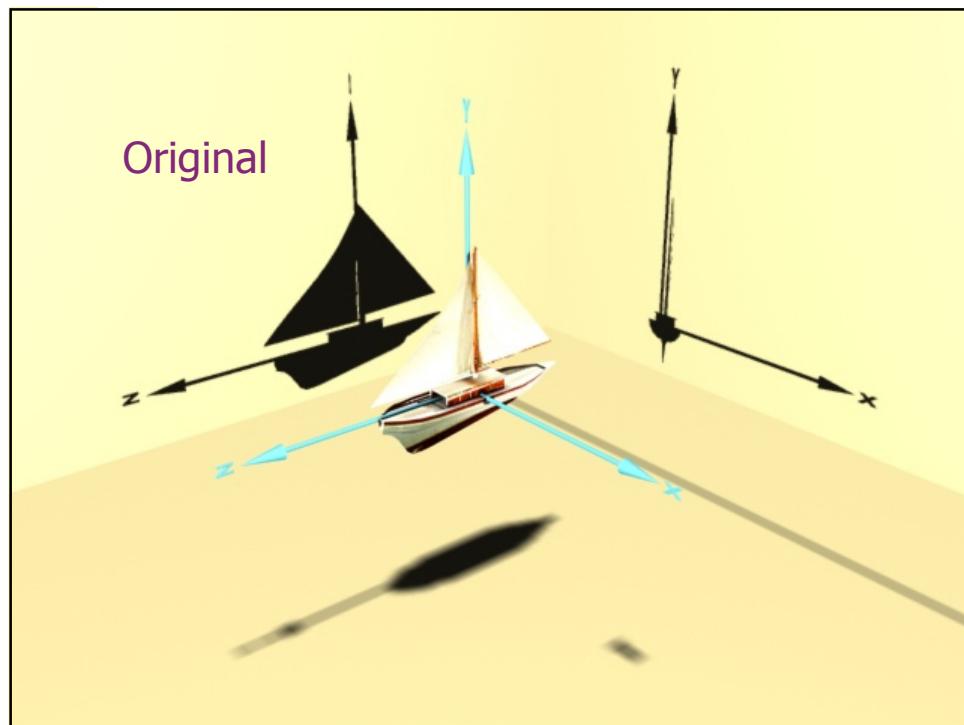
Sesión práctica

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

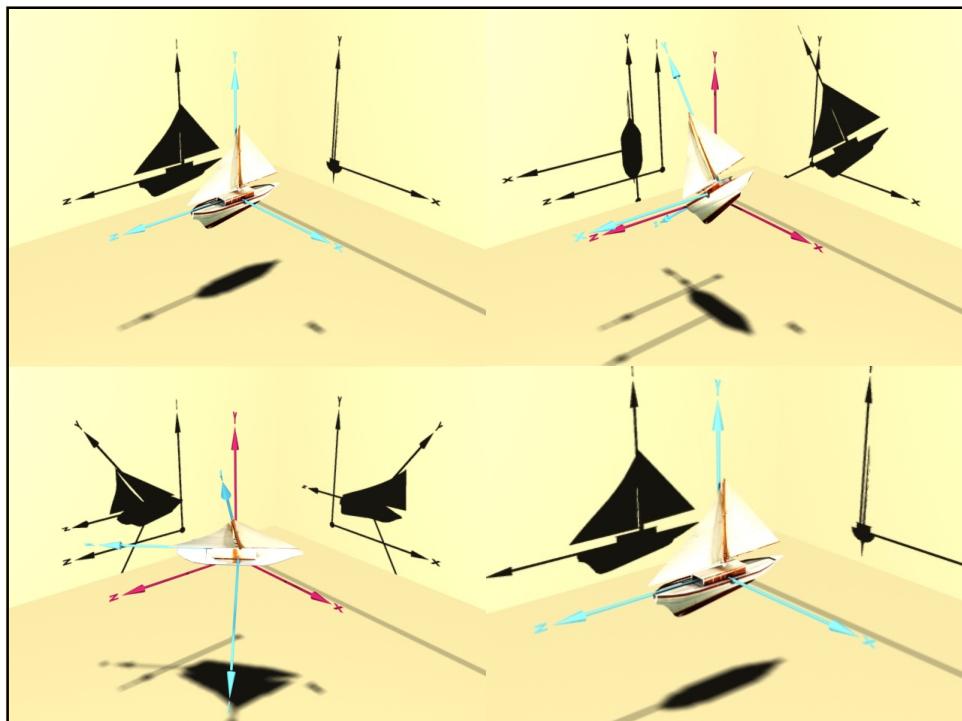


Sesión práctica

- ¿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
- Iniciales

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

33

Posicionadores magnéticos

Funcionamiento:

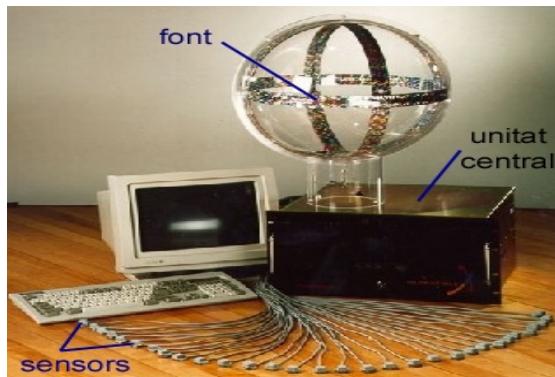
- Se basan en la atenuación de campos magnéticos ortogonales.
- Cada sistema incluye:
 - Emisor: genera el campo magnético.
 - Receptores: detectan campo magnético.
 - Unidad de control.



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

34

Posicionadores magnéticos



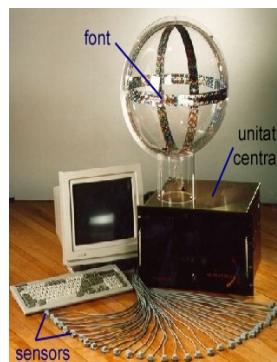
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

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).



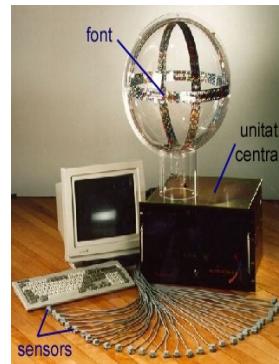
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

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 (vía RS-232, ej.)



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

38

Posicionadores magnéticos

Tipos:

- Polhemus (DC, corriente continua)- www.dephion.com patent 4613866
- Ascension (AC, corriente alterna) -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/isotrkd.htm>

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

41

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...)



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

42

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

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

43

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.

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

44

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

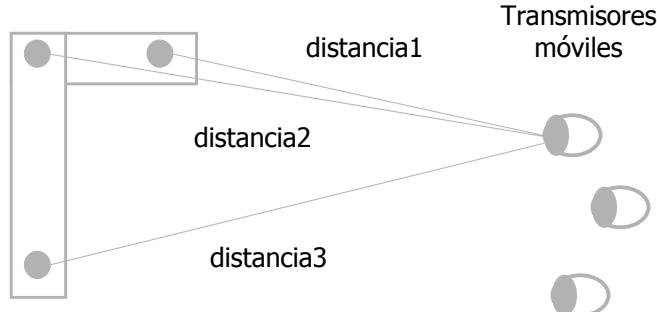
- Varias combinaciones:
 - Un emisor móvil y tres receptores fijos:
 - Suficiente para calcular posición (3 DOF).
 - Intersección de tres esferas.
 - Tres emisores y tres receptores:
 - Suficiente para calcular posición y orientación (6 DOF)
 - La orientación es trivial a partir de 3 puntos (p. ej. origen,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

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

46

Posicionadores acústicos

Receptores fijos



Transmisores móviles

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 (mínimo)).
 - 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 iniciales

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 iniciales

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

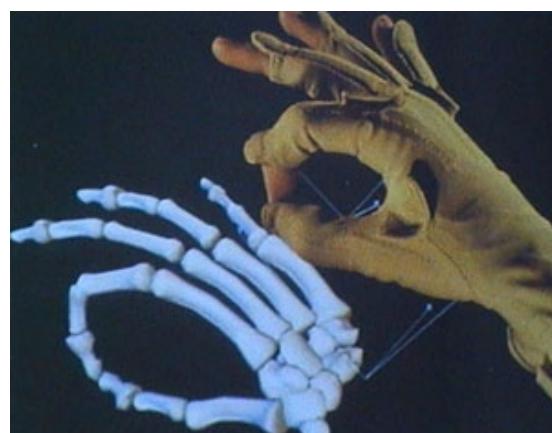
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

57

Guantes de datos

Tecnologías

- Fibra óptica
- Mecánicos
- Resistencia
- Ópticos



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

58

Guantes de fibra óptica

Funcionamiento

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



2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

59

Guantes de fibra óptica

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 telescopico.



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:

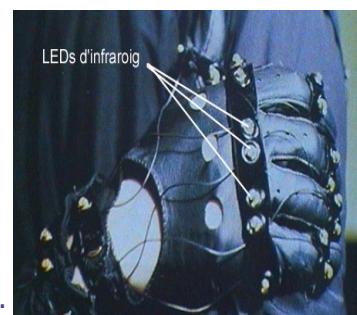
- A base de LEDs o marcadores pasivos, capturados por cámaras de vídeo.
- Similar al "dedal" de la mesa UPC.

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

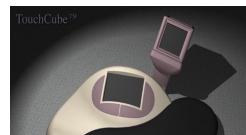
2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

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. | http://www.positioning-research.com |
| AdiSystem | http://www.artisystem.fr |
| Analogus | http://www.analogus.com/indexf.html |
| Ascension Techology Corporation | http://www.ascension-tech.com/graphic.htm |
| Crossbow Technology | http://www.xbow.com |
| Cyberscan Inc | http://www.cyberscan.com |
| General Reality Company | http://www.genreality.com |
| Intensese Inc | http://www.isense.com |
| Motion Analysis Corporation | http://www.motionanalysis.com |
| Northern Digital Inc | http://www.ndigital.com |
| Origin Instruments Corporation | http://www.orin.com |
| Polhemus | http://www.polhemus.com/stards.htm |
| Simulation Special Effects, LLC. | http://www.simulationfx.com/mocap.html |
| Synapse HeadTracker 2000 | http://www.synapseadaptive.com/synapse/headtracker2000.htm |
| Systron Donner Inertial Division | http://www.systron.com |
| The Character Shop | http://www.Character-Shop.com/waldo.html |
| Vicon Motion Systems | http://www.vicon.com |
| Virtual Technologies, Inc. | http://www.virtex.com |
| VRDepot | http://www.vrdepot.com/vrteclq.htm |

2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada.

69