

Entornos Virtuales

J.C. Torres

Lab. Realidad Virtual UGR,
Universidad de Granada

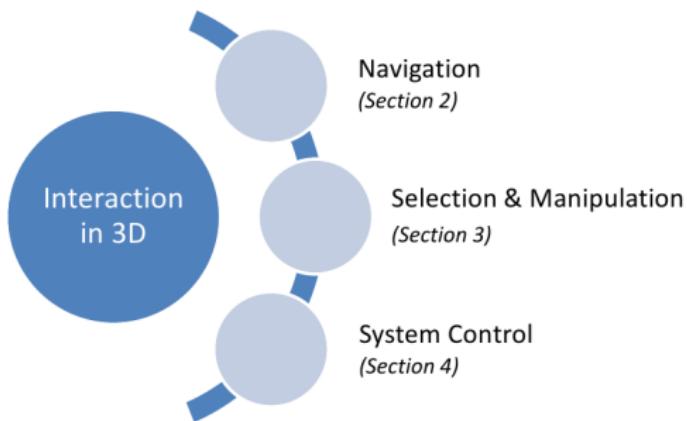
March 18, 2017

Tema 3: Técnicas de interacción.

- 3.1: Interacción en entornos inmersivos.
- 3.2: Dispositivos de interacción.
- 3.3: Interacción háptica.
- 3.4: Simulación física.

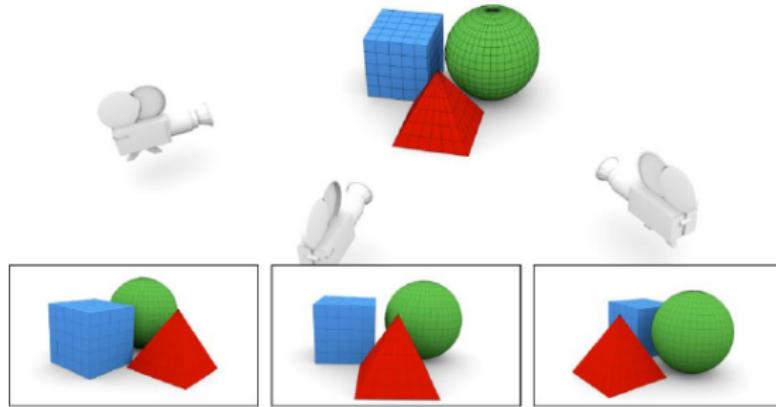
Interacción en entornos inmersivos

3.1: Interacción en entornos inmersivos



<https://hal.inria.fr/hal-00789413/>

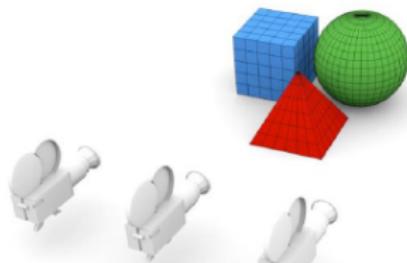
Navegación: movimiento de cámara



Rotación/ orbitar[Jank13]

<https://hal.inria.fr/hal-00789413/>

Navegación: movimiento de cámara



Pan

<https://hal.inria.fr/hal-00789413/>

Navegación: movimiento de cámara



Desplazamiento /Zoom

<https://hal.inria.fr/hal-00789413/>

Selección

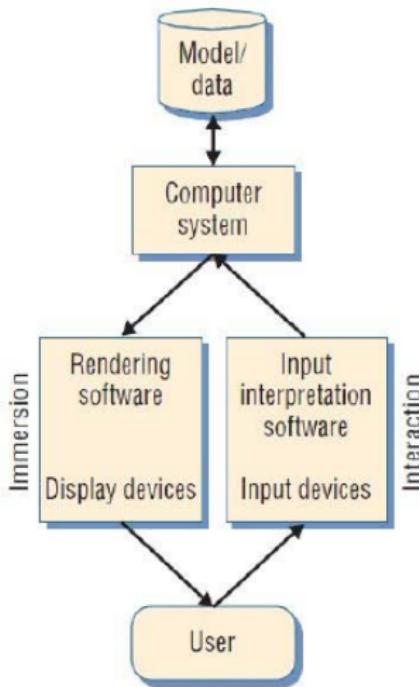


Selección

<http://www.eecs.ucf.edu/isuelab/research/3dui.php>



Transformaciones rígidas (escalado, rotación o traslación),
deformaciones, cambio de propiedades, copiar, borrar...
<http://www.dfki.de/~fdaiber/>



D. Bowman course notes, Virginia Tech. and [CACM sept. 2012]: 3D User Interface design for Virtual Reality applications Which is better: Naturalism or Magic ? The 3 universal tasks: Navigation, Selection, Manipulation [Bown12]

Naturalismo

- Hacer que el sistema interprete los gestos y movimientos que el usuario haría en el mundo real

Métaforas (mágia)

- Dar al usuario nuevas habilidades



Vehículo: Navegar como si se condujese un vehículo

Mini mapa: Desplazamiento usando un mapa 2D sobreimpreso

Tele-transportación: Desplazamiento instantáneo al punto señalado

Cuerda (Grab de air): Desplazamiento como si tirásemos de una cuerda

Rayo: Seleccionar usando un rayo desde la mano

Go-Go: Seleccionar como si se lanzase un objeto con la mano

Mundo en miniatura: Selección sobre una maqueta sobreimpresa del modelo

Gestual: Realizar gestos para indicar acciones

[Bown12]

Detección de colisiones

La detección de colisiones es un problema geométrico. Dados dos objetos determinar si hay contacto (o solapamiento) entre ellos. El objetivo es determinar el punto de contacto.

Escenas dinámicas Si al menos uno de los objetos está en movimiento, el problema se plantea a partir de sus posiciones iniciales y finales.

Algoritmos

El problema tiene complejidad $O(n^2)$.

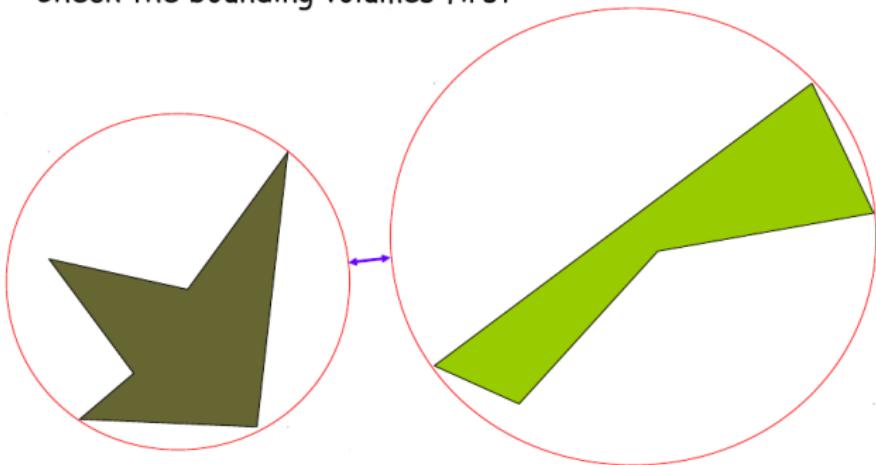
- Test de intersección (a nivel de primitiva)
- Índices espaciales

Técnicas

- Superposición (detectan si hay colisión).
- Test de intersección (detecan si ha ocurrido una intersección).

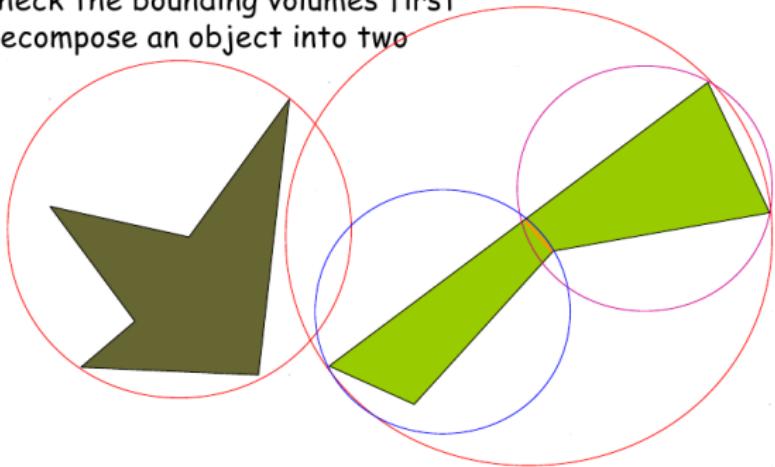
Bounding Volume Hierarchy Method

- Enclose objects into bounding volumes (spheres or boxes)
- Check the bounding volumes first



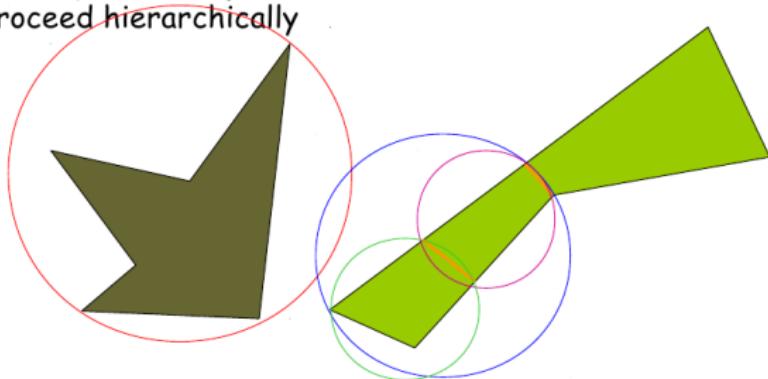
Bounding Volume Hierarchy Method

- Enclose objects into bounding volumes (spheres or boxes)
- Check the bounding volumes first
- Decompose an object into two



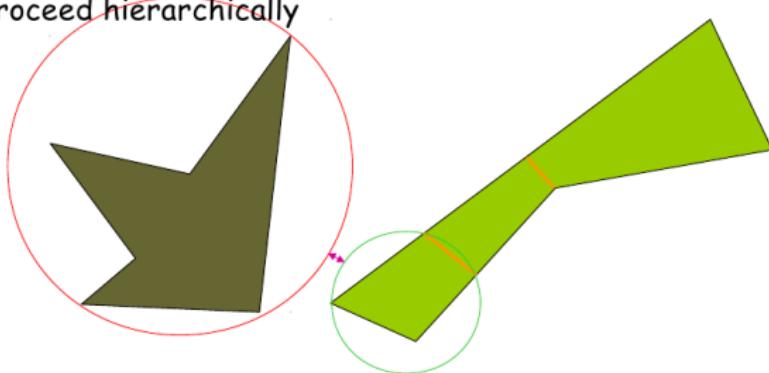
Bounding Volume Hierarchy Method

- Enclose objects into bounding volumes (spheres or boxes)
- Check the bounding volumes first
- Decompose an object into two
- Proceed hierarchically



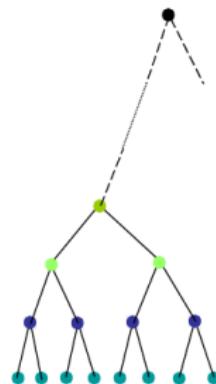
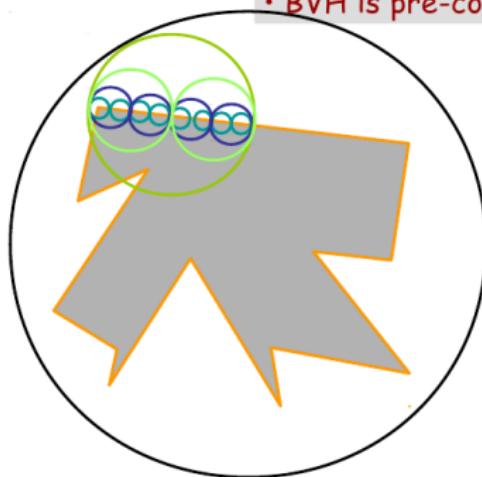
Bounding Volume Hierarchy Method

- Enclose objects into bounding volumes (spheres or boxes)
- Check the bounding volumes first
- Decompose an object into two
- Proceed hierarchically



Bounding Volume Hierarchy Method

- BVH is pre-computed for each object



BVH in 3D



Dispositivos de interacción

Interacción implícita

- Posicionamiento (Tracker)
- Guantes de datos
- Gestuales (Kinect, Leapmotion)

Entrada 3D

- Ratones 2-4 DOF (Grados de libertad)
- Space ball
- Tracker

Hápticos

- Hacer que el sistema interprete los gestos y movimientos que el usuario haría en el mundo real

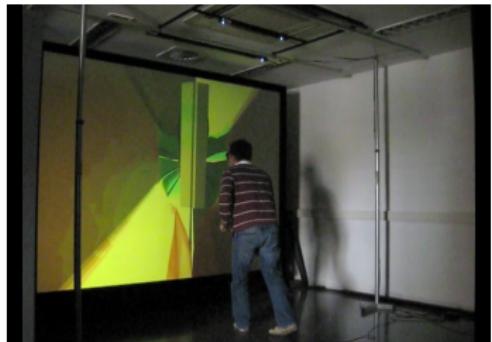


Óptico: El dispositivo contiene un conjunto de LED infrarrojos que son detectados por varias cámaras calibradas. La posición se calcula a partir de los ángulos.

Magnético: El dispositivo mide el campo magnético generado en el espacio de movimiento, que ha sido previamente calibrado

Acústico: El dispositivo emite ultrasonidos que son captados por varios sensores. La posición se calcula a partir del tiempo.

Inercial: El dispositivo mide las aceleraciones. Integrándolas calcula las velocidades y los desplazamientos.



<http://moving.cs.upc.edu/>

Funciones:

- Tracking de cabeza (cámara y navegación)
- Mano (Manipulación directa, navegación, selección)

Posibilidades:

- 3 DOF: Posición u orientación
- 6 DOF: Posición y orientación

Guantes de datos (data glove)

- **Fibrá óptica:** Fibrá óptica en los dedos.
- **Mecánico:** Exoesqueleto con potenciómetros en las articulaciones.
- **Resistencia:** Resistencia eléctrica depende de la elongación.
- **Óptico:** Marcadores que se capturan con cámaras de video.





Funciones:

- Detectar posición de los dedos respecto a la mano (ángulos)

Aplicaciones:

- Manipulación directa
- Interacción (navegación y menús)



Basados en tracking



- Bola
- Joystick

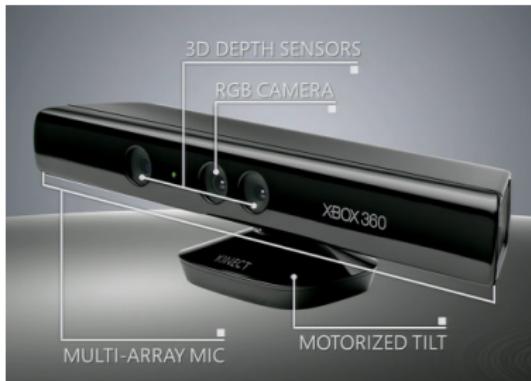
Sobre mesa

<http://moving.cs.upc.edu/>

- Space ball
- Ratón 3D

Desarrollado por PrimeSense (2005)

- Interacción gestual
- Interacción con todo el cuerpo.
- Bajo coste
- No necesita marcadores
- Poco sensible a las condiciones de iluminación
- No necesita calibración



Video

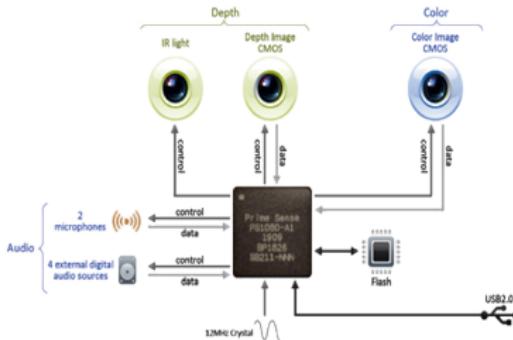
- Cámara CMOS color
- Cámara CMOS infrarrojos

Audio

- Array de cuatro micrófonos

Procesador

- PrimeSense chip PS1080-A2
- 64 MB DDR2 SDRAM



Cámaras

- Cámara color: 640x480, salida: 640x480@30fps
- Cámara IR: 1280x1024, salida: 640x480@30fps
- Proyector de infrarrojos

Rango

- Profundidad = 0.8m - 3.5m
- FOV = 58 H, 45 V

Resolución

- Espacial a 2m = 3mm
- Profundidad a 2m = 1cm

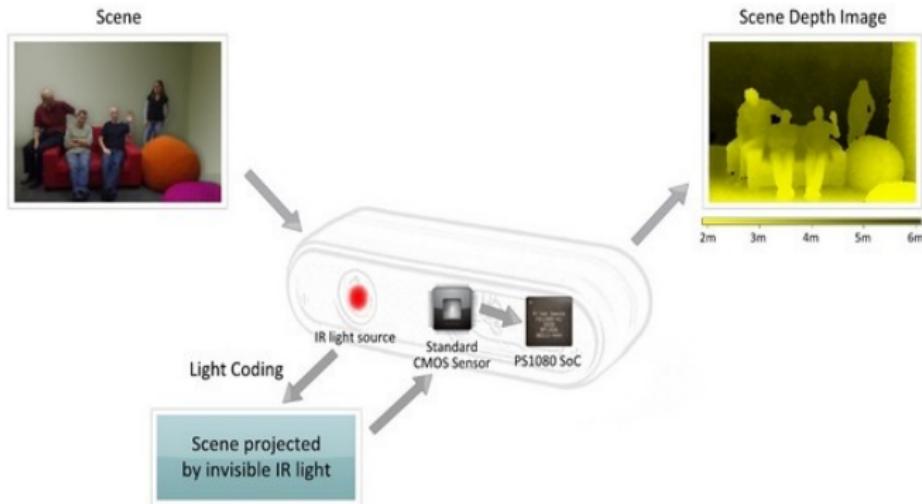


Kinect: Funcionamiento

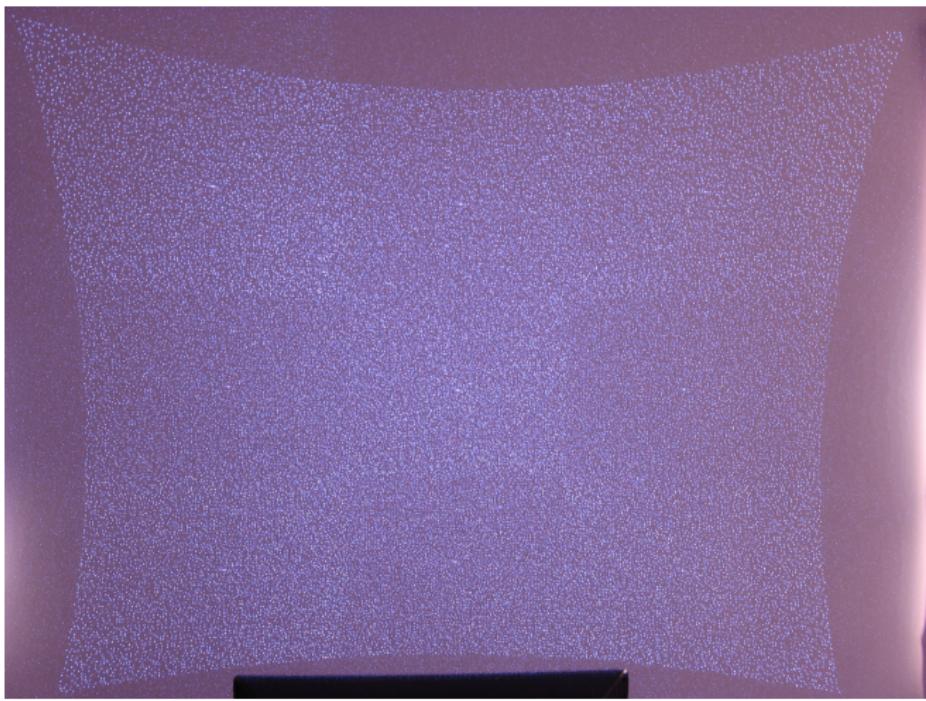
Funcionamiento El emisor de infrarrojos proyecta un patrón irregular de puntos.

La cámara de infrarrojos identifica los puntos.

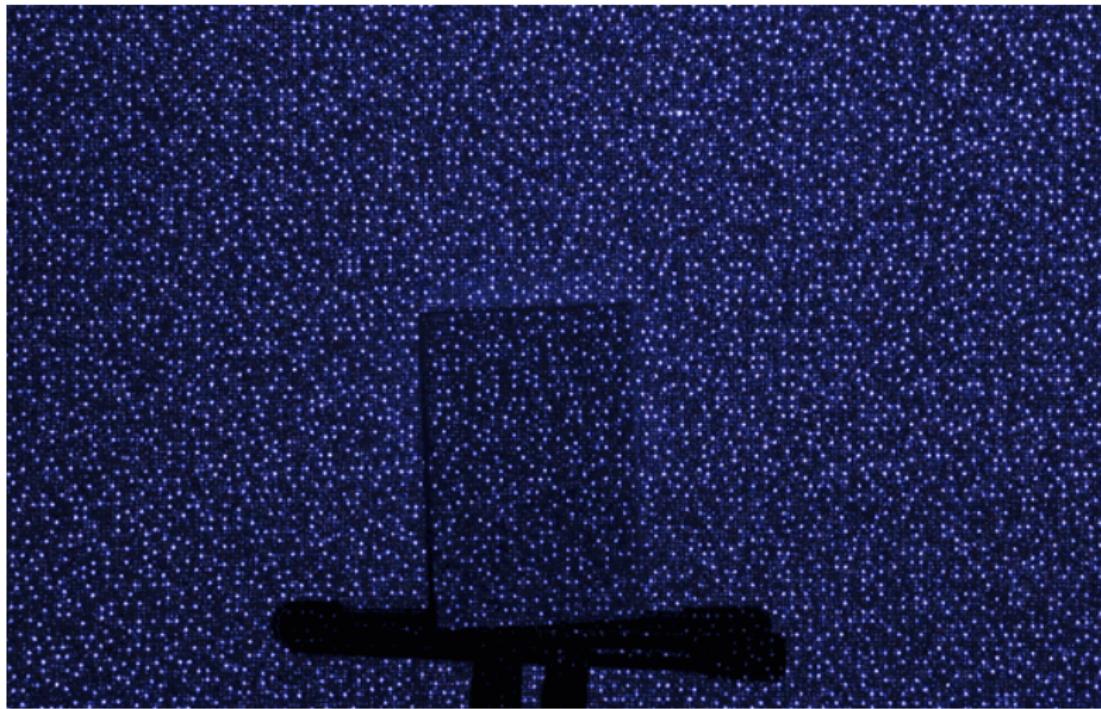
La profundidad se calcula por la distorsión en el patrón de puntos.



Kinect: Funcionamiento (II)



Kinect: Funcionamiento (III)



C. Andújar, P. Brunet: Kinect. Curso Realidad Virtual. Máster en desarrollo de software. Universidad de Granada 2016.[?]

Bajo nivel

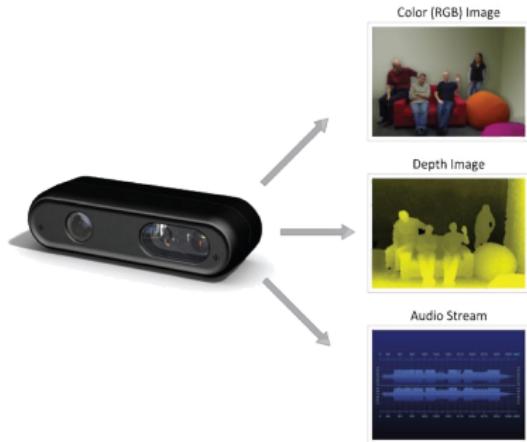
- libfreenect (GPL2)
- Solo datos raw

Esqueletos y gestos

- OpenNI
- SDK open source
- NITE
- SDK de primeSense

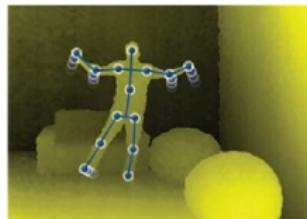
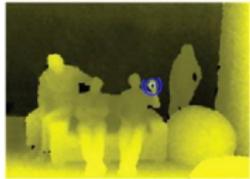
Gestos

- NITE
- Plugin de OpenNI para reconocimiento de gestos y poses

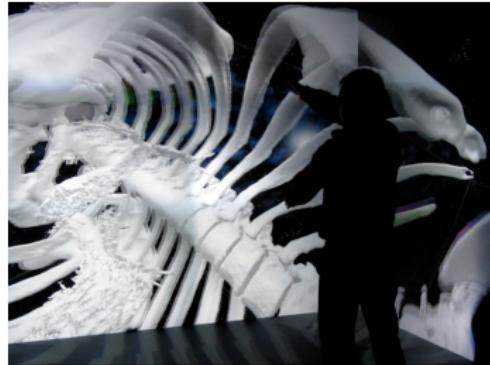
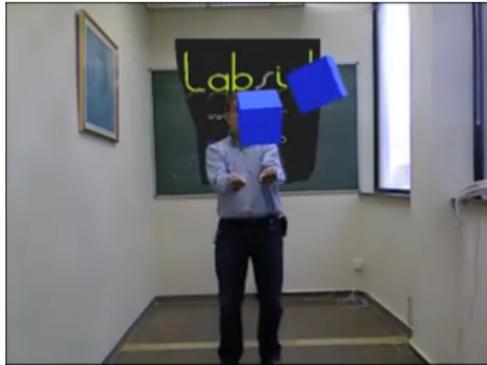


Gestionan

- Posición de articulaciones en coordenadas del mundo
- 15 nodos
- Orientación de las articulaciones (3x3)
- Gestos



Kinect: Aplicaciones



Desarrollado en 2012

- Interacción gestual
- Interacción con la mano
- Bajo coste
- No necesita marcadores
- Poco sensible a las condiciones de iluminación
- No necesita calibración

Evolution of the Leap Motion Controller



<http://www.gentebold.com/leap-motion/>

Componentes

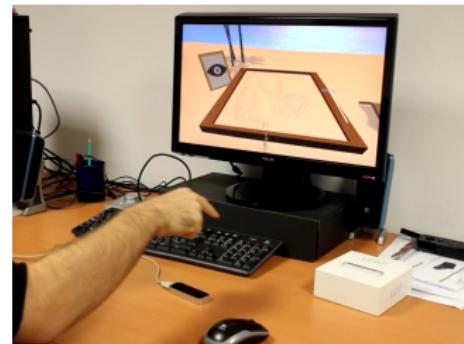
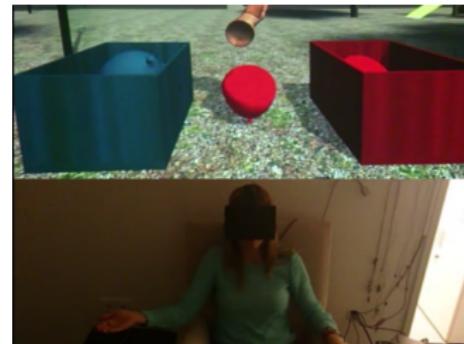
- Dos cámara infrarrojos
- Tres diodos infrarrojos
- Procesamiento en ordenador



Precisión

- Detecta diez dedos
- Precisión milimétrica
- Latencia menor 20ms

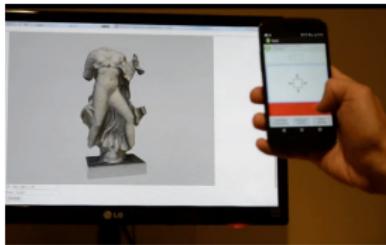
Leap motion: Aplicaciones



Dispositivos de locomoción



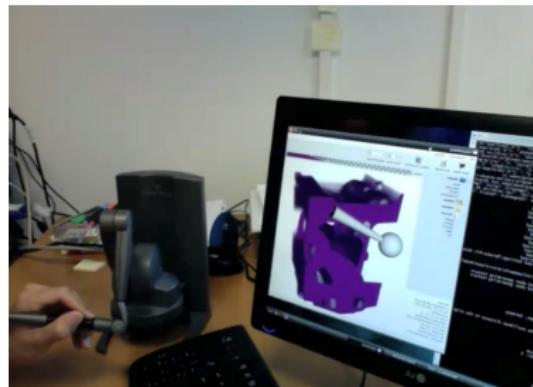
Dispositivos especiales



Interacción háptica

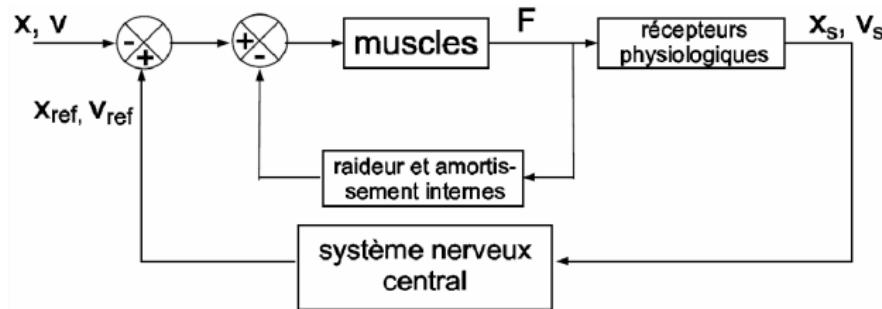
Háptico

- Del griego haptein
- Def: Estudio científico del tacto
- En entornos virtuales:
Dispositivos y técnicas para la interacción por medio del tacto



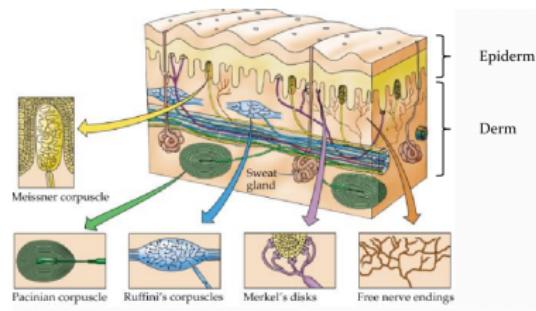
Se realiza con dos lazos de realimentación

- Lazo interno (100Hz)
- Lazo externo (1-10Hz)



Componentes del sentido

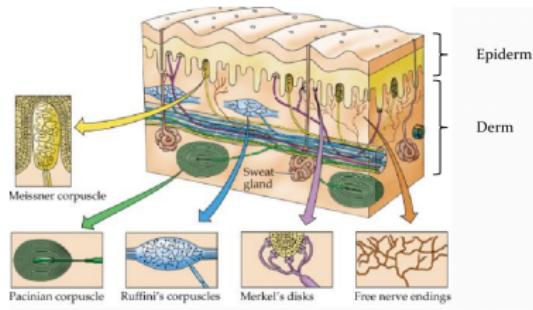
- Táctil
- Kinestético



Información del contacto con el entorno:

- Rugosidad
- Adherencia
- Aristas

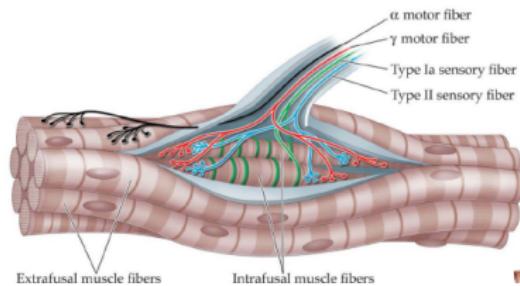
Distribución espacial de presión



Percepción del movimiento propio y del esfuerzo de los músculos

- Fuerzas de contacto
- Dureza
- Peso

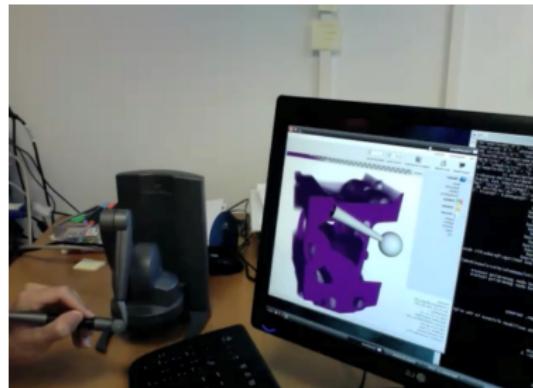
Distribución espacial de presión



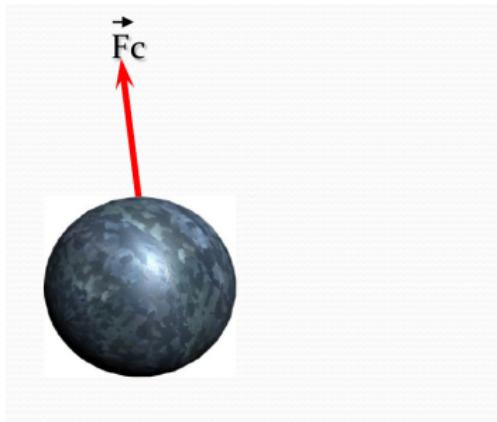
Tipos

- Pasiva (cutanea): Se estimula la piel sin percepción del movimiento del cuerpo.
- Áctiva (Táctil-kinestética): El estímulo es función del movimiento del cuerpo e incluye percepción de la fuerza.

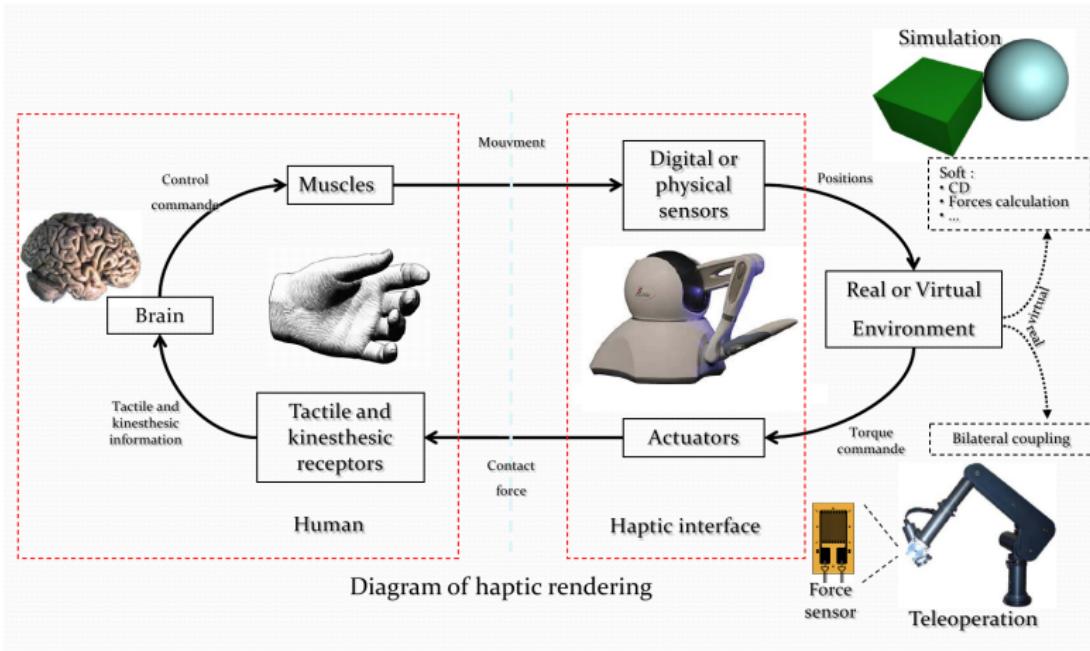
Distribución espacial de presión



Al tocar un objeto percibimos una fuerza de reacción
El dispositivo debe transmitir esa fuerza



Interacción háptica



Sensores

- Posición
- Fuerza

Actuadores de fuerza

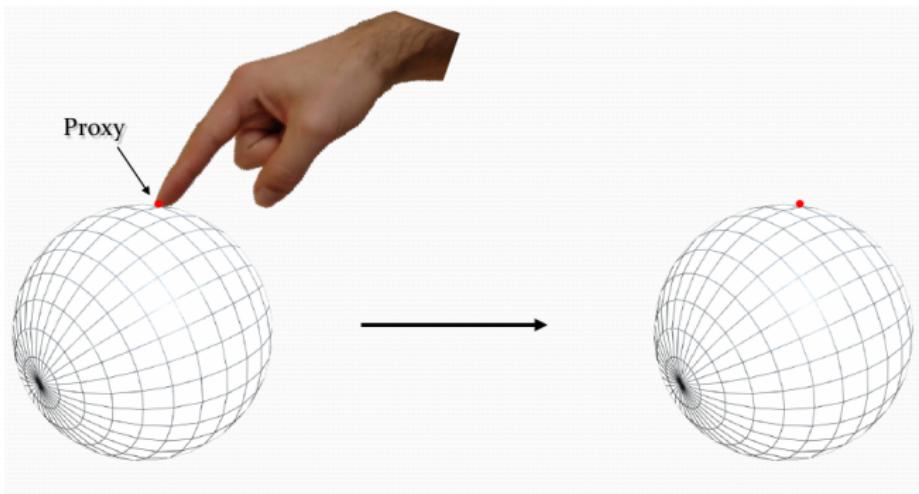
- Neumáticos
- Motorizados

Actuadores de feedback táctil

- Vibración
- Array de agujas
- Piezoelectricos
- Electrotáctil

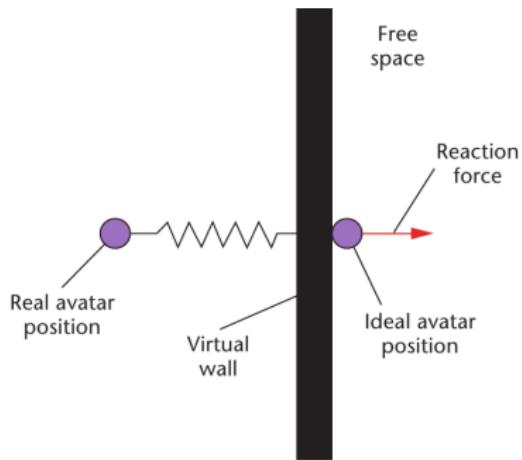
- Grados de libertad (DoF)
- Volumen de trabajo
- Resolución de fuerza y posición
- Fuerza máxima

Una vez determinado el punto de contacto hay que determinar la fuerza de reacción.



Para determinar la fuerza de reacción

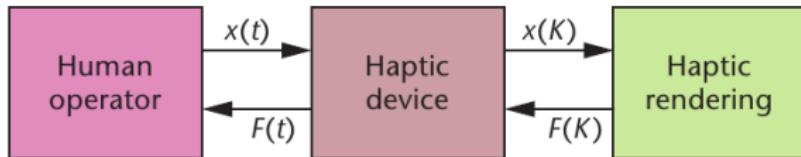
- Se utiliza la posición de contacto (proxy, C) y la posición real del dispositivo (Q)
- La fuerza se calcula usando una función de C y Q que se anule en la superficie



$$F_c(C, Q) = k \cdot \| C - Q \| \cdot \vec{n}$$

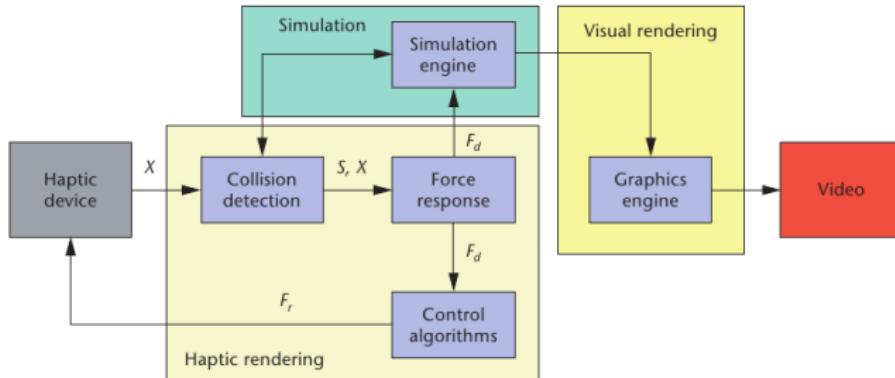
Sistemas hápticos

- Al proceso de actualizar la fuerza en el dispositivo se le llama *haptic rendering*
- *La actualización del dispositivo (escritura de $F(K)$) debe hacerse al menos a 1KHz*



Para realizar el refresco a 1KHZ se independizan las tareas en hebras

- Simulación: calcula la dinámica y cinemática del sistema
- Visual rendering: Genera la visualización a 50Hz
- Haptic rendering: Calcula las colisiones y la respuesta háptica



Simulación física

La simulación física trata de reproducir el comportamiento dinámico y cinemático de los objetos de la escena.

Implica:

- Representar el estado de los objetos: posición, velocidad, aceleración y momento angular.
- Representar propiedades físicas de los objetos: densidad, elasticidad, coeficiente de fricción.
- Resolver las ecuaciones de la mecánica del sistema
(Integración en el tiempo)



- Detección de colisiones
- Cinemática
 - Cálculo de velocidades
- Dinámica
 - Cálculo de fuerzas
- Fractura

- Puntual
- Rígido
- Deformable
- Fluido
- Tela

What is Time Integration ?

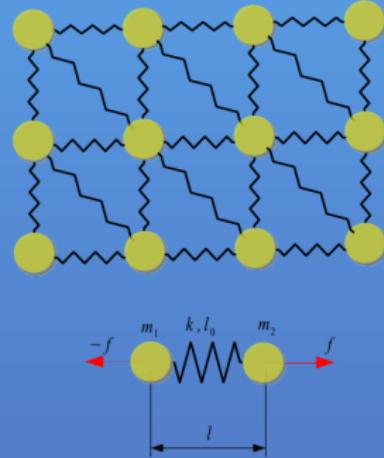
- Computing the simulation state at the next time step $t+h$ given :
 - State at the current time t
 - positions \mathbf{x}_t
 - velocities \mathbf{v}_t
 - Equations and constraints expressing the required mechanics
 - $\mathbf{a} = a(\mathbf{x}, \mathbf{v}, t)$
 - $c(x, v, t) \geq 0$
- Main issue : lively but stable simulation

$$\mathbf{v}(t) = \mathbf{v}(0) + \int_0^t \mathbf{a}(\mathbf{x}, \mathbf{v}, t) dt$$

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}(0) + \int_0^t \mathbf{v}(t) dt$$

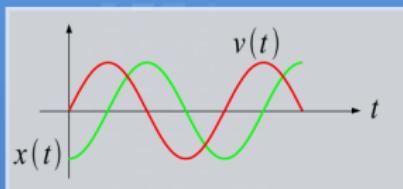
Example : Springs

- Particle
 - mass m ,
 - position, velocity
- Spring
 - rest length l_0
 - stiffness k
- Force
 - $\vec{l} = (x_2 - x_1)$
 - $\vec{f} = k(\vec{l} - \vec{l}_0)$
- Acceleration
 - $\vec{a} = \vec{f} / m$

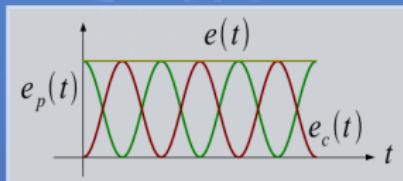


Simplest Case

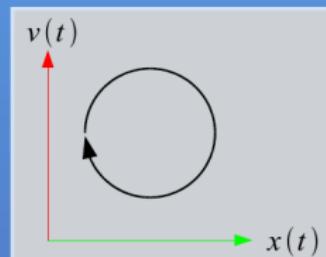
- Single 1D Particle
- Theoretical solution :



- Conservation of Energy :

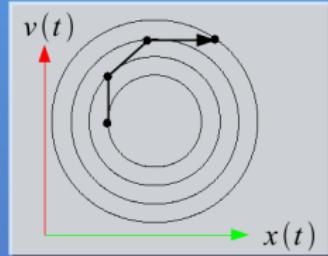


in phase space :



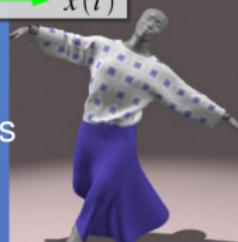
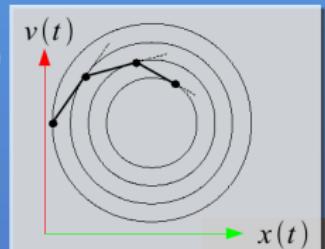
Explicit Integration

- Principle : use velocity and acceleration at the **begin** of the time-step
- Forward Euler :
$$\mathbf{a}_t = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{f}$$
$$\mathbf{x}_{t+h} = \mathbf{x}_t + h\mathbf{v}_t$$
$$\mathbf{v}_{t+h} = \mathbf{v}_t + h\mathbf{a}_t$$
- Simple
- Exaggerates motion
- Damping is required
- Stiff systems require very small time steps



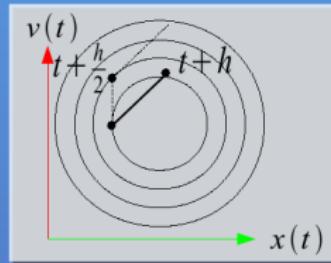
Implicit Integration

- Principle : use velocity and acceleration at the **end** of the time-step
- Backward Euler :
 - Solve $(M - \frac{1}{h} \frac{\partial f}{\partial v} - \frac{1}{h^2} \frac{\partial f}{\partial x}) a = (f + h \frac{\partial f}{\partial x} v)$
 - $v_{t+h} = v_t + h a_{t+h}$
 - $x_{t+h} = x_t + h v_{t+h}$
- Complex (requires a solver)
- Under-estimates motion
- Introduces additional damping
- Stable stiff systems even with large timesteps
- Well-suited for soft bodies



Explicit Runge-Kutta Methods

- 2nd-order Runge-Kutta (RK2) :
 - Go to $t + h/2$ using forward Euler
 - Compute the derivative
 - Use this derivative in a full forward Euler step
- Simple
- More precise than forward Euler
- Still exaggerates motion
- Well-suited for rigids



Colisiones en sistemas dinámicos (I)

Escenas dinámicas Si al menos uno de los objetos está en movimiento, el problema se plantea a partir de sus posiciones iniciales y finales.

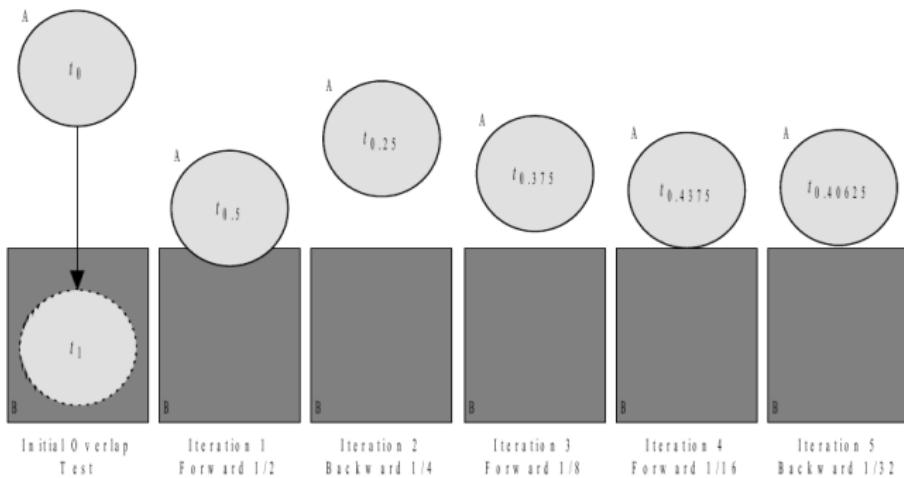
El objetivo es determinar el punto de contacto.

En simulación necesitamos además saber el tiempo de la colisión.

Colisiones en sistemas dinámicos (II)

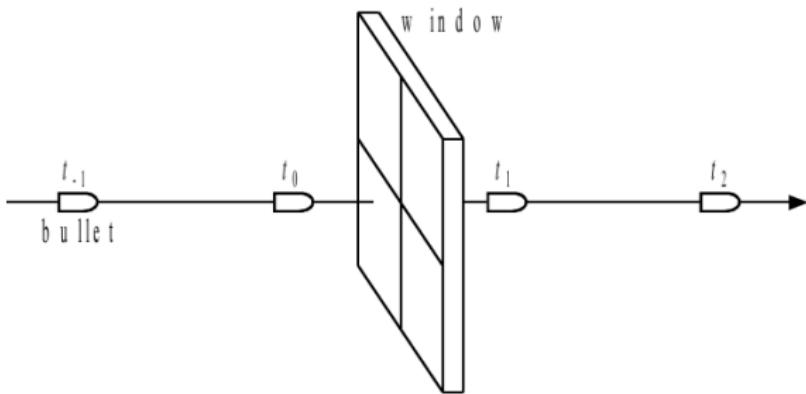
Tiempo de colisión Se puede calcular retrocediendo en el tiempo hasta el momento de colisión.

Se pueden usar técnicas de bisección.



Colisiones en sistemas dinámicos (III)

Cálculo de colisiones Determinar superposición puede hacer que no se detecten colisiones si el tiempo de integración es muy alto.



La simulación es costosa:

- Tiempo real. Cálculo aproximado: Juegos, Entornos virtuales, Sistemas interactivos
- Precisos. Lentos: Películas, Aplicaciones científicas y técnicas.

Open source

- ODE
- NEWTON
- Bullet

Comerciales

- Havok (Intel)
- Physx (nVidia)
- Vortex (Montreal)
- Realflow (Nextlimit, España)

-  Mehdi Ammi,HAPCO team: Haptic in collaborative environments. Univ. Paris-Sud / LIMSI-CNRS, France. 2008. <https://www.lri.fr/~mbl/ENS/CSCW/2012/slides/6-Haptics-CVE.pdf>
-  C. Andújar, P. Brunet: Kinect. Curso Realidad Virtual. Máster en desarrollo de software. Universidad de Granada 2016.
-  D. Bowman course notes, Virginia Tech. and [CACM sept. 2012]: 3D User Interface design for Virtual Reality applications Which is better: Naturalism or Magic ? The 3 universal tasks: Navigation, Selection, Manipulation <http://mms.businesswire.com/bwapps/mediaserver/ViewMedia?mgid=97873&vid=5&download=1>
-  Pere Brunet: Sistemas y Equipos de Realidad Virtual. Curso Realidad Virtual. Máster en desarrollo de software. Universidad de Granada 2016.
-  Ellis, Stephen R. "What are virtual environments?." Computer Graphics and Applications, IEEE 14.1 (1994): 17-22.

-  S.K. Gupta, D.K. Anand, J. Brough, M. Schwartz, and R. Kavetsky: "Training in Virtual Environments. A safe, cost effective, and engaging approach to training". University of Maryland. 2008.
-  Hand, Chris. "A survey of 3D interaction techniques." Computer graphics forum. Vol. 16. No. 5. Blackwell Publishers, 1997.
-  Jankowski, Jacek, and Martin Hatch. "A survey of interaction techniques for interactive 3D environments." Eurographics 2013-STAR. 2013.
-  Jérémie Allard: Interactive Physics Tutorial: Time Integration. INRIA / LIFL
-  Kenneth Salisbury, Francois Conti, Federico Barbagli Haptic Rendering: Introductory Concepts. IEEE Computer Graphics and Applications. Abril 2004