



Master en Informática
Gráfica, Juegos y Realidad
Virtual

Tema 4: Clasificación de Dispositivos Hápticos

José San Martín

Clasificación

Atendiendo a la **Funcionalidad** del dispositivo, podemos distinguir dos tipos principales de dispositivos hápticos:

1. De tipo guante o lápiz (stylus). Permiten al usuario tocar y manipular objetos virtuales tridimensionales.
2. Dispositivos que permiten al usuario sentir texturas de objetos de dos dimensiones con un actuador del tipo lápiz o ratón.

Clasificación

1. De tipo guante o lápiz (stylus).

- Permiten al usuario tocar y manipular objetos virtuales tridimensionales. Se puede asir, bien cogiéndolos con la mano, en el caso de los ciberguantes, bien recorriendo su contorno como los elementos manipuladores.
- Se pueden utilizar por ejemplo, para simulaciones quirúrgicas o para tele manipulación en ambientes agresivos.

Clasificación

Ejemplos:

La familia de dispositivos PHANTOM [Sen06a] [Sen06b] [Sen06c] de la empresa SensAble Technologies es un interfaz háptico tridimensional de tipo lápiz.

El CyberGrasp [Icg06] es un interfaz háptico de tipo guante que permite al usuario tocar objetos generados por ordenador y experimentar fuerzas de realimentación realistas.

Clasificación

2. Dispositivos que permiten al usuario sentir **texturas de objetos** desde dos dimensiones con un actuador del tipo lápiz o ratón.

Pueden usarse como apoyo para usuarios de ordenador que son invidentes o con limitaciones en la vista. También puede proporcionar un sentido del tacto a objetos bidimensionales como imágenes de mapas o dibujos.

Clasificación

Ejemplos: El Screen Rover [Kub06] de la empresa Betacom Technologies y los WingMan Force Feedback Mouse e iFeel Mouse [Log06] de la empresa Logitech son interfaces Hápticos de tipo ratón que dan al usuario realimentación táctil y verbal.



Screen Rover

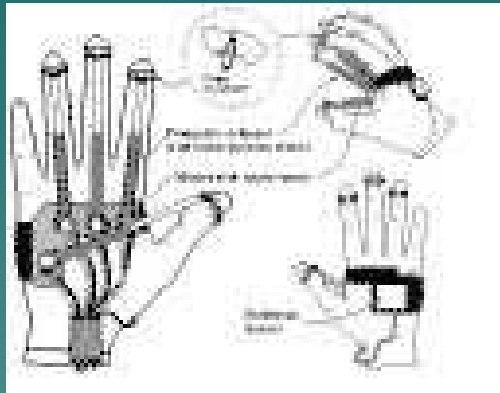


Wingman



iFeel Mouse

Clasificación



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Clasificación

Otra clasificación, atendiendo al **objetivo del diseño** sería: [Vla03b]

1. Los diseñados específicamente para una única aplicación, para la cual se han optimizado sus características.

Como ejemplo serían los dispositivos hápticos diseñados para aplicaciones médicas como los distintos modelos que presenta la empresa Immersion Corporation [Ima06] [Iml06] [Imv06] [Imm06] o el Laparoscopy Simulator de la empresa Surgical Science [Duf04] [Sur06].

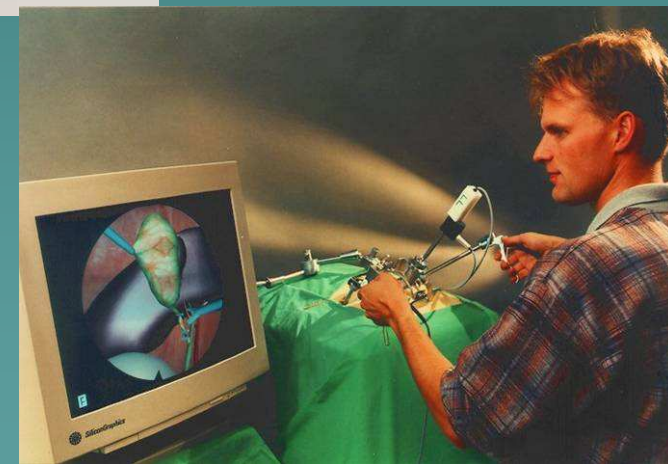
Clasificación

2. También están los dispositivos de propósito general, en los que se busca la mayor versatilidad en sus aplicaciones, de manera que si bien en ocasiones necesitan de alguna pequeña modificación, es fácilmente adaptable a variados roles.

Un caso es el ya nombrado PHANToM de la empresa Sensable.

3. Los que son construidos con la forma de un robot que es tele manipulado, normalmente para aplicaciones con robots industriales como el WYSIWYF [Yok99] donde se utiliza un PUMA560 como dispositivo háptico.

Clasificación



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

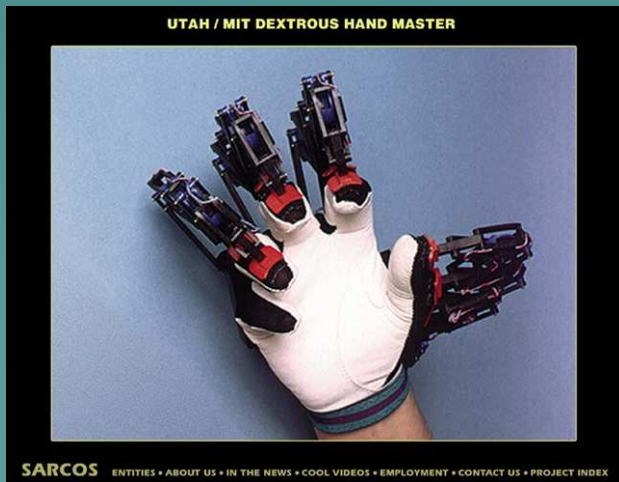
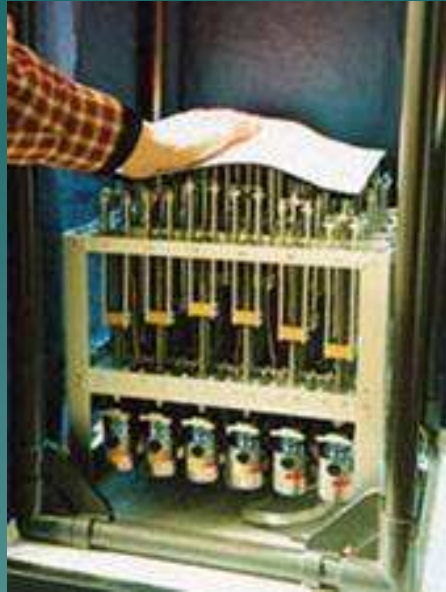
Tecnologías

- *Displays de superficie activa.*
 1. Feelex-Haptic Screen
 2. Tactile Shape Displays for Small Scale Shape Feedback
 3. Elastic Force Sensor
- *Brazos Hápticos.*
 1. Sarcos Dextrous Arm
 2. PHANToM
 3. WYSIWYF Display
 4. Freedom 6S
 5. HapticMASTER
 6. Force dimension DELTA- OMEGA

Tecnologías

- *Guantes*
 1. Rutgers Master II
 2. Cyber Grasp
- *Superficies administradoras*
 1. Haptic Master
- *Dispositivos magnéticos*
 1. Magnetic Levitation Haptic Interfaces
- *Otros*
 1. Cobot
 2. The Pen Based Force Display
 3. Pneumatic Haptic Interface

Tecnologías



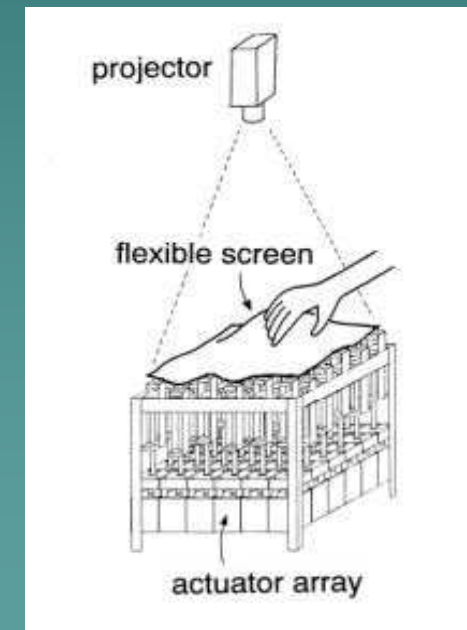
Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Tecnologías

➤ Displays de superficie activa.

Tratan de presentar una primera aproximación al sentido del tacto, de manera que se definen las variaciones en una superficie simulada mediante la activación de micro-actuadores.

1. **Feelex-Haptic Screen:** Sobre una superficie de actuadores posicionamos un objeto o una mano, los actuadores recogen la interacción con el objeto y se proyecta sobre una pantalla una imagen con la superficie definida [Iwa01].



Tecnologías

2. **Tactile Shape Displays for Small Scale Shape Feedback:** Es un display hecho de una superficie sobre una única fila de actuadores. A medida que se pasa un objeto o la mano por la línea de actuadores, se recoge la modificación de la superficie [Wag04].
3. **Elastic Force Sensor:** Sensor de fuerzas que permite modelado de formas 3D.



Tecnologías

➤ *Brazos Hápticos.*

Un mecanismo constituido por varios eslabones va a permitir el movimiento del extremo del dispositivo a lo largo de un espacio de trabajo.

- 1. Sarcos Dextrous Arm (Sarcos Research Corporation):** El Sarcos Dextrous master es un dispositivo de 10 grados de libertad y una compleja estructura dinámica. A medida que el usuario actúa sobre una serie de sensores de movimientos situados sobre su brazo, cada uno de sus actos se ve reflejado en un movimiento del actuador [Sar06].

Tecnologías

- ◆ **Sarcos Dextrous Arm (Sarcos Research Corporation)**



Tecnologías

2. PHANToM (Sensable Technologies, Inc.): Es el más popular y uno de los más conseguidos interfaces de realimentación háptica.

- Se trata de toda una familia de brazos PHANToM, contruidos por Sensable Technologies (Boston, MA).
- El PHANToM tiene seis grados de libertad, y tres actuadores eléctricos para posicionar virtualmente un punto en un espacio tridimensional.
- Dependiendo del modelo, su capacidad de trabajo progresa desde el movimiento de la muñeca hasta el movimiento del hombro.

Tecnologías

- Una desventaja de la configuración estándar del PHANToM es su característica de aplicar fuerzas sólo en un punto, sin momentos, aunque a partir del PHANToM Premium 3.0 tiene fuerzas y momentos.
- Las características del PHANToM lo hacen adecuado para la interacción puntual mediante un dedo virtual, un punzón o un lápiz. Para una manipulación de objetos virtuales más compleja se requerirá al menos dos brazos PHANToM (uno para el pulgar y otro para el índice).
- Por otra parte la versión OMNi integra las mismas funcionalidades básicas si bien el área de trabajo es bastante menor [Che99].

Tecnologías

PHANTOM OMNI.

- De diseño barato: de funcionalidad también barata.
- Portable y compacto.
- Pensado para plug and play.
- Reducido espacio de trabajo. Muñeca.
- Fácil puntos singulares.

Tecnologías



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Tecnologías

PHANToM Desktop.

- Ni es demasiado económico ni la funcionalidad es mucho mejor que el OMNi.
- Portable y compacto.
- Bastante más precisión y calidad de componentes.
- Fácil puntos singulares.

Tecnologías



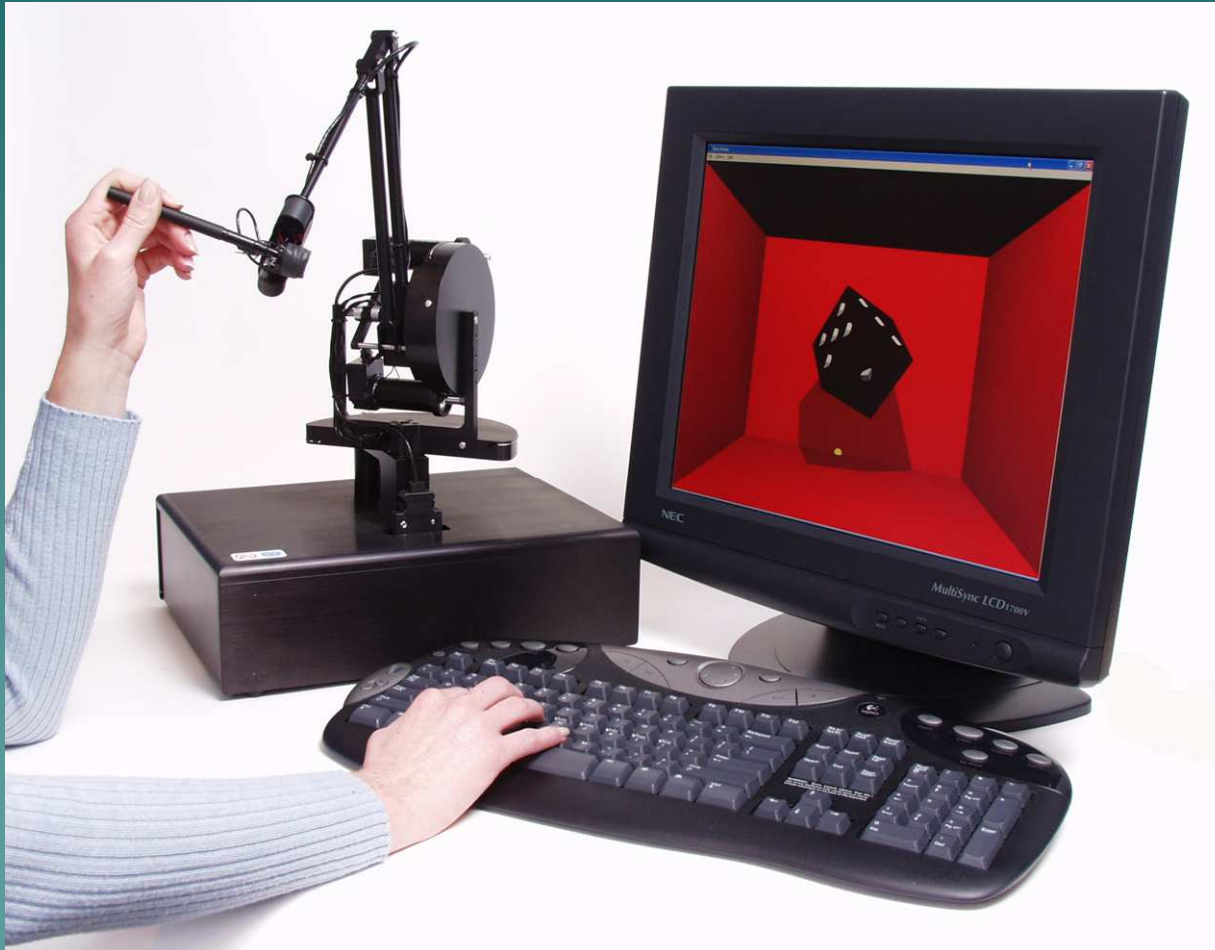
Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Tecnologías

PHANTOM Premium 1.5.

- Pretende simular el brazo hasta el codo.
- Espacio de trabajo medio.
- Alto precio. Alta calidad.
- Realimentación de fuerza en 3 grados de libertad.
- Existe una versión que multiplica por 5 la fuerza máxima.

Tecnologías



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Tecnologías

PHANTOM 6DOF.

- Realimentación de fuerza en 6 grados de libertad.
- Permite simular realimentación de momentos de fuerzas.
- Simula un brazo entero desde la parte superior.
- Alto precio, alta calidad.
- Gran espacio de trabajo.

Tecnologías



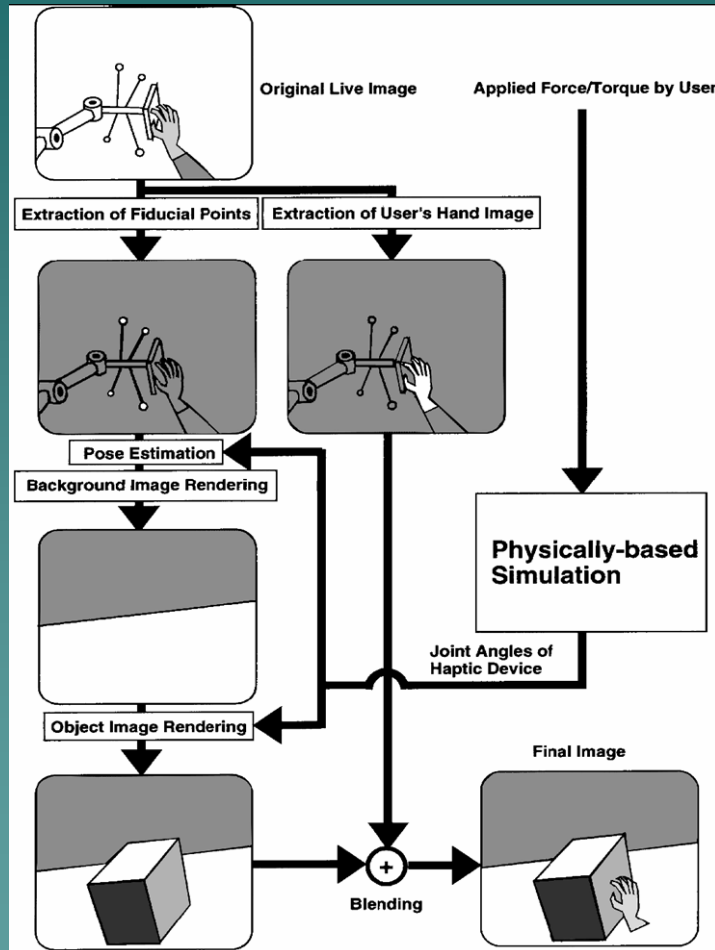
Tecnologías

3. WYSIWYF Display: En este sistema se utiliza el robot Puma como dispositivo háptico. Se sitúa una pantalla portátil TFT el usuario y el dispositivo.

Se manipula con un pequeño joystick el robot, de manera que sigue los movimientos de la mano del usuario. Lo que ve el usuario en la pantalla es la recreación de su movimiento en un entorno virtual [Yok99].

4. Freedom 6S: Similar en cuanto a funcionalidad al PHANToM, con 6 grados de libertad [Mpb06].

WYSIWYF Display



Freedom 6S

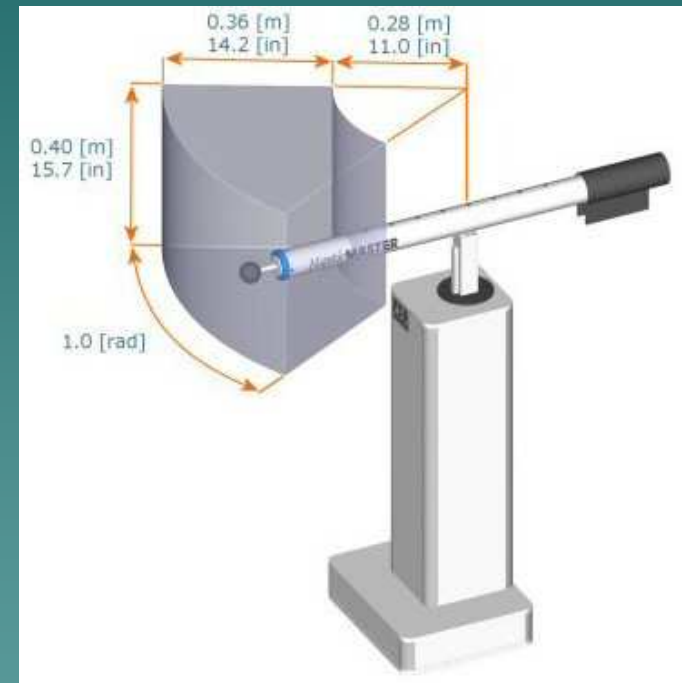


Tecnologías

5. HapticMASTER (FCS Robotics):

- HapticMASTER es un brazo robot con control de fuerza por admitancia, por lo que su comportamiento dinámico lo hace constructivamente muy singular.
- Es de los pocos dispositivos hápticos comerciales que utilizan el paradigma de control en admitancia, el resto comúnmente utilizan impedancia.
- La medida de la fuerza ejercida sobre el actuador final produce la sensación háptica [Fcs06].
- 3 grados de libertad.
- Trata de simular la resistencia o fuerza necesaria para realizar una serie de tareas.

Tecnologías



Tecnologías

6. Force dimension DELTA – OMEGA:

- Dispositivos hápticos con tres grados de libertad en traslación para suministrar información kinésica y táctil con un gran espacio de trabajo.
- Versión con 6 grados de libertad.
- Espacio de trabajo muy adecuado para entornos de simulación de actuación de la mano.
- Grandes fuerzas.
- Presentan además la peculiaridad de utilizar puerto USB 2.0 y correr bajo las últimas versiones de los sistemas operativos más comunes [For06].

Tecnologías



Tecnologías

➤ *Guantes:*

- El uso de guante Háptico permitirá al diseñador coger y manipular modelos mientras siente su dureza.
- Los guantes hápticos son útiles para la manipulación sobre grandes volúmenes, incluyendo simular objetos duros sin peso.
- Algunos precisan de calibración respecto a la mano del usuario.
- Área de trabajo tan amplia como se desee.
- Es el medio de interacción más directo con un entorno virtual.
- Realimentación (si la hay) bastante limitada.

Tecnologías

- 1. Rutgers Master II:** Se trata de un prototipo desarrollado en la Rutgers University, que se pone como un guante sobre la mano.
 - Unos cilindros neumáticos en la palma de manera que al ser activados aplican una fuerza sobre los cuatro primeros dedos, de esta manera se simulan fuerzas de asimiento.
 - El Rutgers Master no permite cerrar el puño totalmente debido a la situación de los actuadores en la palma [Bou02].

Tecnologías



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Tecnologías

2. CyberGrasp (Virtex Inc. – Immersion): El principal guante Háptico disponible comercialmente en la actualidad es el CyberGrasp, el cual es una reconfiguración del CyberGlove (de sólo posición, sin realimentación de fuerza), fabricado por Virtual Technologies.



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Tecnologías

- Consiste en una estructura de exoesqueleto dirigido por cable en la parte trasera de la mano.
- El exoesqueleto anexo permite cerrar completamente la mano, pero necesita la situación remota de actuadores en una caja de control (en forma de mochila).
- Incluso con la situación remota de sus actuadores, el peso del guante es bastante alto (450 grs.), lo cual puede causar fatiga con un uso prolongado.
- La fuerza es aplicada en cada dedo, pero sólo fuerzas de asimiento, de manera que no se puede aplicar ninguna fuerza para que el dedo se mueva más allá de la palma [Icg06], no se puede “empujar”.

Tecnologías

- *Superficies administradoras*: Permiten el movimiento de una superficie plana con varios grados de libertad dentro de un espacio de trabajo limitado.

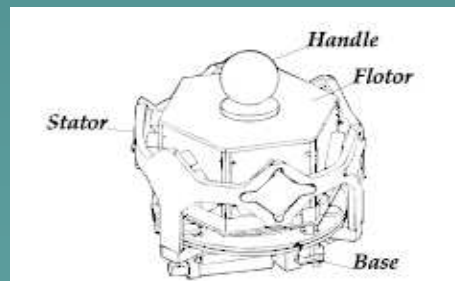
1. Haptic Master (Universidad de Tsukuba): Un dispositivo de escritorio de 6 grados de libertad basado en la Plataforma de Administración. Utiliza un mecanismo paralelo para aplicar las fuerzas de reacción. Adolece de una pequeña superficie de trabajo [Iwa01].



Tecnologías

- *Dispositivos Magnéticos*: La realimentación háptica se hace en este caso de acuerdo a la creación de campos magnéticos.

1. Magnetic Levitation Haptic Interfaces (Carnegie Mellon): Un dispositivo de interfaz háptico basado en las fuerzas magnéticas de Lorentz. El usuario sujeta una manija que levita por el efecto de estas fuerzas, para interactuar con un ambiente virtual [Ber96].

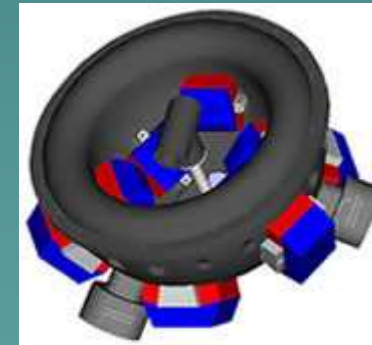
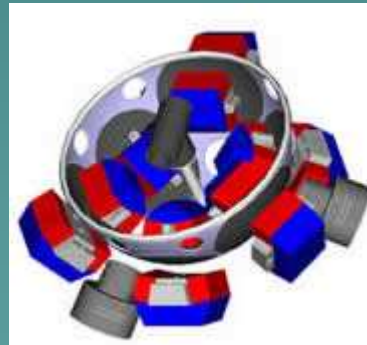


Manipulación y Control de Dispositivos Hápticos

Tecnologías



**Magnetic Levitation
Haptic Interfaces**



Tecnologías

- *Otros*: El resto del conjunto de los dispositivos hápticos o transmisores de tacto y sus variadas aplicaciones

1. Cobot (Northwestern University):

Uno de los dispositivos produce la realimentación de fuerza por medio de una rueda.

Otros emplean tres ruedas para producir un momento [Pes01].

Tecnologías

2. The Pen Based Force Display (University of Washington): Se trata de un pequeño dispositivo diseñado para ser usado con un actuador tipo lápiz o tipo dedo.

Tiene tres grados de libertad, dos de ellos utilizados para posicionar y el tercero para simular un botón. Uno de sus usos es para ser un sustituto de un ratón [But95].

3. Pneumatic Haptic Interface (Southern Methodist University): El dispositivo es un manipulador unilateral de aluminio con cuatro uniones en rótula. De esta manera un usuario sentado realiza una serie de movimientos de su brazo, aplicando una manija, que son recogidos en el hombro y en el codo. [Hur00].

Tecnologías



Cobot

Pneumatic Haptic Interface



Pen Based Force Display

Bibliografía

- ◆ [Sen06a] PHANToM OMNi. SensAble Technologies.
<http://www.sensable.com/haptic-phantom-omni.htm>
- ◆ [Sen06b] PHANToM Desktop. SensAble Technologies.
<http://www.sensable.com/haptic-phantom-desktop.htm>
- ◆ [Sen06c] PHANToM Premium 6DOF. SensAble Technologies.
<http://www.sensable.com/haptic-phantom-premium-6dof.htm>
- ◆ [Icg06] Immersion 3D Intercation. CyberGrasp.
http://www.immersion.com/3d/products/cyber_grasp.php
- ◆ [Kub06] Kuber, R. Developing an assistive haptic framework for improving non-visual access to the web. ACM SIGACCESS Accessibility and Computing. Issue 86 (September 2006) Pages: 16 - 19 Year of Publication: 2006.

Bibliografía

- ◆ [Log06] Logitech.
<http://www.logitech.com/index.cfm?languageid=1&countryid=19>
- ◆ [Vla03b] Kostas Vlachos, Evangelos Papadopoulos, and Dionissios N. Mitropoulos. Design of a 5-dof Haptic Simulator for Urological Operations IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 19, no. 5, October 2003
- ◆ [Ima06] Immersion Medical. Accutouch endoscopy simulator.
<http://www.immersion.com/medical/products/endoscopy/>
- ◆ [Iml06] Immersion Medical. Laparoscopic Surgical Workstation
<http://www.immersion.com/medical/products/laparoscopy>
- ◆ [Imm06] "Virtual Laparoscopic Interface User's Guide and Programming Reference", Rev. 1.0, Immersion Inc., San Jose, CA., Dec. 1994.
- ◆ [Imv06] Immersion Medical. Accutouch endovascular simulator.
<http://www.immersion.com/medical/products/endovascular/>

Bibliografía

- ◆ [Duf04] Duffy, A.J., Hogle, N.J., McCarthy, H., Lew, J. I., Egan, A., Christos, P., Fowler, D.L. Construct validity for the LapSim laparoscopic surgical simulator. *Surg Endosc.* 2005 Mar;19(3):401-5. Epub 2004 Dec 23.
- ◆ [Sur06] Surgical Science. Lapsim. <http://www.surgical-science.com/main/default/default.cfm>
- ◆ [Yok99] Y.Yokokohji, R.L.Hollis and T.Kanade, "WYSIWYF Display: A Visual/Haptic Interface to Virtual Environment," *PRESENCE, Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.8, No.4, pp.412 - 434, 1999.
- ◆ [Iwa01] Hiroo Iwata , Hiroaki Yano , Fumitaka Nakaizumi , Ryo Kawamura, Project FEELEX: adding haptic surface to graphics, *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, p.469-476, August 2001

Bibliografía

- ◆ [Wag04] Wagner, C.R., Lederman, S.L., Howe, R.D. Design and Performance of a Tactile Shape Display Using RC Servomotors (short paper), Haptics-e: The Electronic Journal Of Haptics Research, Vol. 3, No. 4, Aug 6, 2004. (www.haptics-e.org)
- ◆ [Sar06] Sarcos Research Corporation. [Sarcos Dextrous Arm. http://www.sarcos.com/interspec_dexmaster.html](http://www.sarcos.com/interspec_dexmaster.html)
- ◆ [Che99] Chen, E. "Six Degree-of-Freedom Haptic System for Desktop Virtual Prototyping Applications." In Proceedings of the First International Workshop on Virtual Reality and Prototyping, pp. 97-106, June 1999, Laval France.
- ◆ [Mpb06] MPB - Haptic Devices. Freedom 6S. www.mpb-technologies.ca/mpbt/haptics/hand_controllers/freedom/freedom.html
- ◆ [Fcs06] FCS Robotics. Haptic Master. <http://www.fcs-cs.com/robotics/products>

Bibliografía

- ◆ [For06] Force Dimension. Force dimension DELTA-OMEGA <http://www.forcedimension.com/products/index.html>
- ◆ [Bou02] M. Bouzit, G. Popescu, G. Burdea, and R. Boian, "The Rutgers Master II-ND force feedback glove," in Proc. 10th Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems, Orlando, FL, Mar. 2002, pp.
- ◆ [Ber96] P. J. Berkelman, Z. J. Butler, and R. L. Hollis, "Design of a Hemispherical Magnetic Levitation Haptic Interface Device," 1996 ASME IMECE, Atlanta, November 17-22, 1996, DSC-Vol. 58, pp. 483-488
- ◆ [Pes01] Cobot Architecture. Michael Peshkin, J. Edward Colgate, Witaya Wannasuphoprasit, Carl Moore, Brent Gillespie and Prasad Akella. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 17(4):377-390, 2001.
- ◆ [But95] P. Buttolo and B. Hannaford, "Pen-based force display for precision manipulation in virtual environments," in Proc. IEEE Virtual Reality Annual Int. Symp., Raleigh, NC, Mar. 1995, pp. 217-225.
- ◆ [Hur00] Richer E., Hurmuzlu Y. "A High Performance Pneumatic Force Actuator System: Part I-Nonlinear Mathematical Model", ASME Journal of Dynamic Systems Measurement, and Control, Vol. 122, No. 3, pp. 416-425.