



Master en Informática
Gráfica, Juegos y Realidad
Virtual

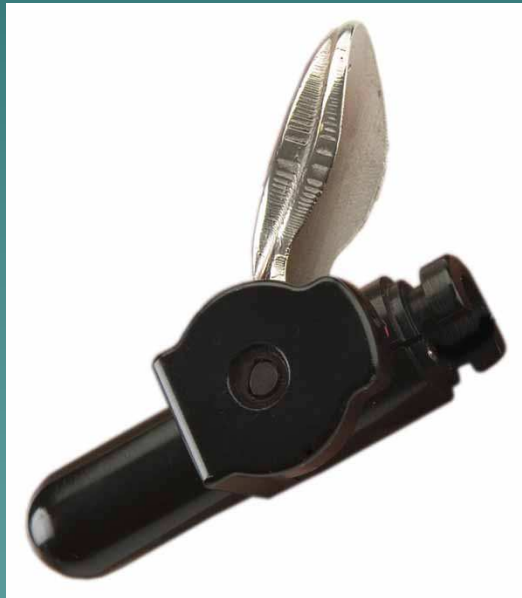
Tema 5: Aplicaciones de los Dispositivos Hápticos

José San Martín

Aplicaciones de los DH

- ◆ Uno de los campos de aplicación de la realidad virtual como herramienta de apoyo para el desarrollo de nuevas técnicas de aprendizaje ha sido el campo de la cirugía.
- ◆ Ej. Incluso PHANToM (ejemplo de dispositivo de propósito general): 7DOF incluye simulación de pinzas.

Simulación de pinzas del Phantom



Aplicaciones de los DH

- ◆ La simulación virtual de una operación de cirugía es el resultado de combinar tres características fundamentales para alcanzar el realismo necesario que haga el sistema útil y convincente para el usuario. Debe lograrse:
 - Interacción en tiempo real con el usuario.
 - Una visualización realista de la simulación del interior del cuerpo humano.
 - Una realimentación de fuerza háptica de acuerdo a la interacción del cirujano con el cuerpo del paciente.

Aplicaciones de los DH

- ◆ La baja calidad de cualquiera de estos elementos redundará en un menor realismo de nuestro simulador. El hecho de contar con estos requisitos introduce muchas restricciones al sistema principalmente de tipo tecnológico [Phil99].
- ◆ Existe un limitado número de dispositivos comerciales, y concepciones muy diversas. Distintas soluciones de dispositivos que se pueden encontrar como producto del trabajo de varias empresas y grupos de investigación internacionales.

Aplicaciones de los DH

- ◆ Aplicaciones de la Realidad Virtual en medicina [Sat98]:
 - **Telecirugía.**
 - **Entrenamiento quirúrgico.**
 - **Realidad Aumentada.**

Aplicaciones de los DH

◆ **Telecirugía.**

Normalmente se aplica el término telecirugía a dos conceptos bastante diferentes.

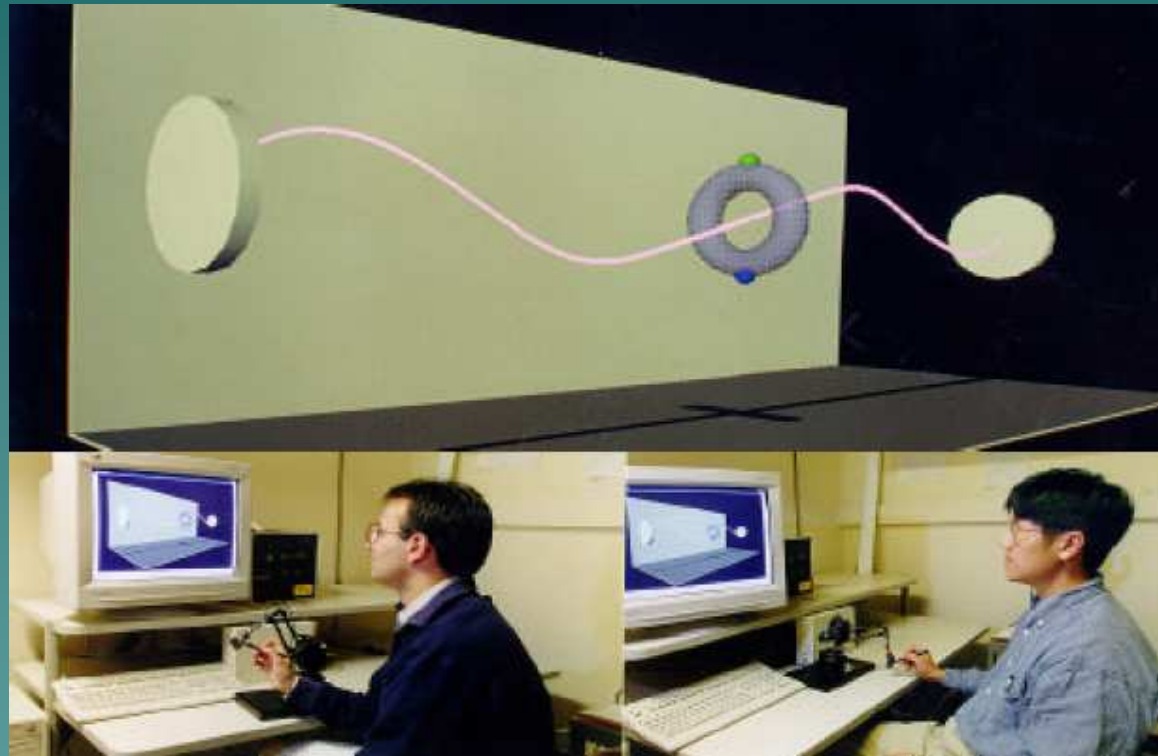
Por una parte existe en una operación de gran precisión, la limitación de resolución por parte del cirujano de acuerdo a su propia habilidad personal, experiencia y otros diferentes factores como pueden ser su estado físico.

La tele-manipulación de un bisturí quirúrgico robotizado por medio del cirujano permitiría aumentar la precisión en la operación, pudiendo efectuarse intervenciones de microcirugía (cambio en la escala de trabajo).

Aplicaciones de los DH

- ◆ Por otra parte telecirugía también se refiere a la posibilidad de realizar operaciones remotas, a gran distancia física el cirujano del paciente.
- ◆ Existen problemas debido al retardo en la comunicación vía una red como Internet sobre todo si se plantea una operación en la cual se requiera interacción táctil [Rei04] [Cha01].
- ◆ Se han descrito resultados satisfactorios en una red de área local [Bas00] pero pocos facilitan resultados aceptables a través de Internet [Han07].
- ◆ Un ejemplo del uso de telerrobótica sería el “Dextrous Master” de la Universidad de Berkeley un guante que suponía un interfaz entre el cirujano y un micromanipulador. Un ejemplo de microcirugía podría ser el Robot Assisted Microsurgery de la NASA [Sch95].

Aplicaciones de los DH



Movimiento colaborativo del anillo [Bas00]

Aplicaciones de los DH

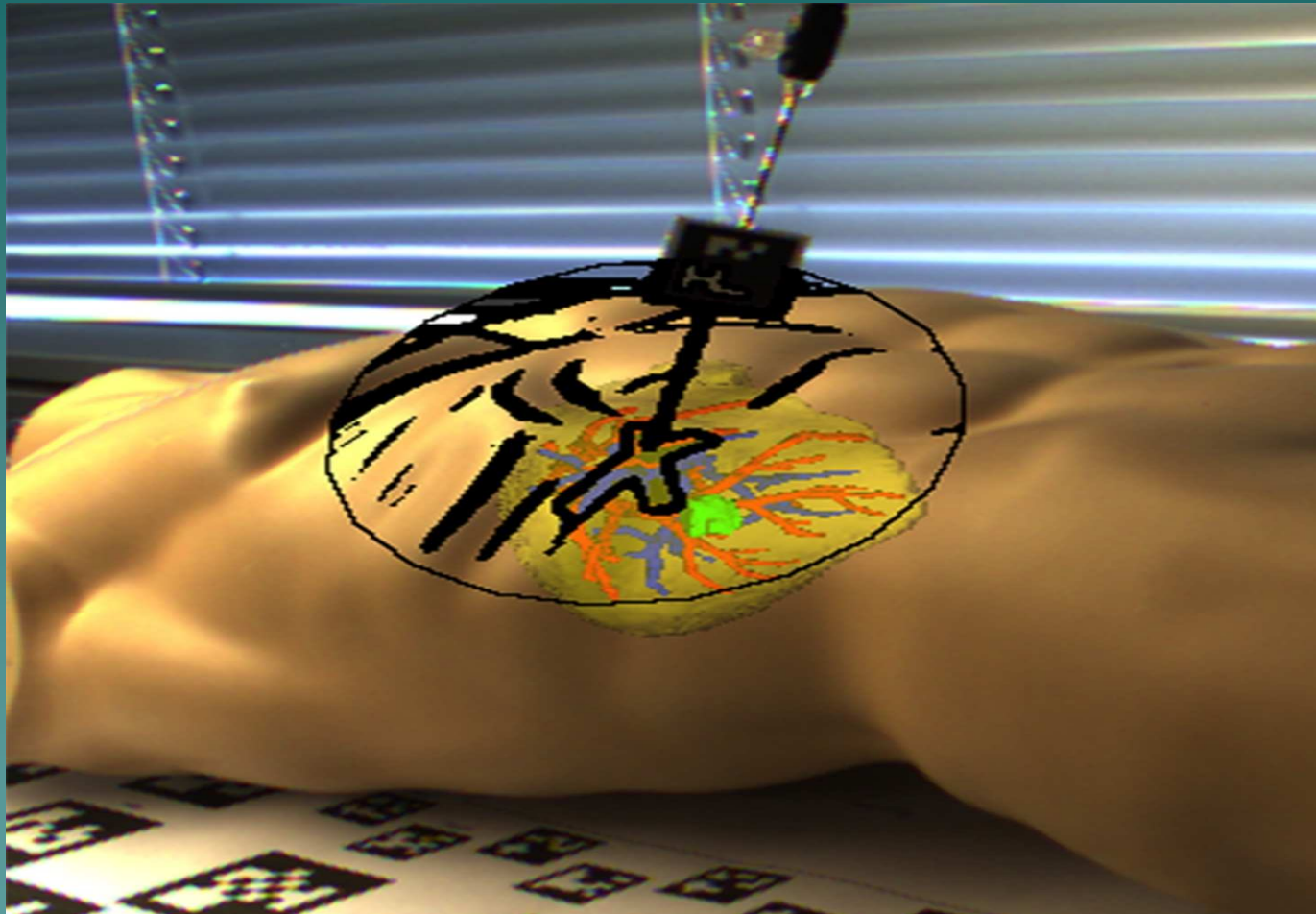
- ◆ **Realidad Aumentada.**

Supone complementar la información disponible en el escenario real de la operación con la visión de lo que sucede internamente en el interior de un paciente virtual.

Por ejemplo, por medio de unas gafas de visión estereoscópica podemos complementar la visión real que tenemos de un paciente en una operación.

La técnica se lleva a cabo realizando una proyección virtual sobre el cuerpo del paciente, de la simulación de su interior, seleccionando el nivel de profundidad de la simulación o las capas que queremos o no proyectar.

Aplicaciones de los DH



www.ariser.info/

Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Aplicaciones de los DH

- ◆ **Entrenamiento quirúrgico.**

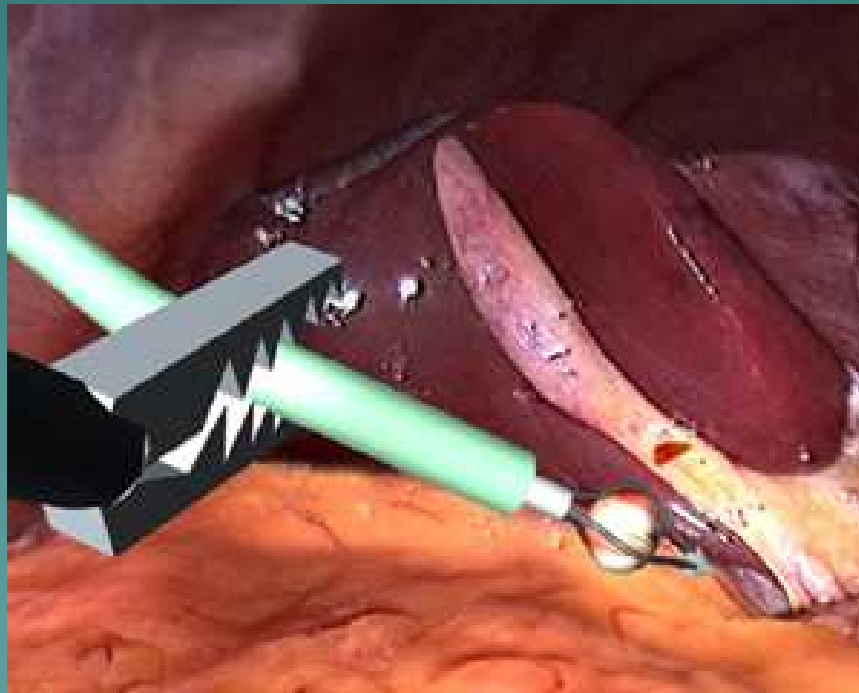
El proceso de aprendizaje de un cirujano novel precisa tarde o temprano el realizar la intervención sobre un paciente.

Éste puede estar vivo o no, puede ser humano o de algún animal o incluso un maniquí, pero en cualquiera de los casos es un ensayo destructivo que no podremos repetir con el mismo paciente en las mismas circunstancias.

Sólo podemos entrenar algunas patologías, las que se encuentren en nuestro paciente o simuladas en nuestro maniquí.

Aplicaciones de los DH

- ◆ www.hitl.washington.edu/research/Iss/



Manipulación y Control de
Dispositivos Hápticos

Aplicaciones de los DH

La creación de entrenadores de realidad virtual para cirugía permite repetir la misma operación tantas veces como queramos sin tener que depender de un paciente físico para el aprendizaje de una determinada técnica.

Una aplicación típica es el entrenamiento en la técnica de cirugía mínimamente invasiva conocida como Laparoscopia [Fod06] [War98], del que existen varios modelos comerciales que se verán más adelante.

Existen también ejemplos de entrenadores para varias técnicas quirúrgicas diferentes [Vla03a] [Ros99] [Bur99b] [Tru03].

Aprendizaje mediante plataformas de entrenamiento

- ◆ Dada la complejidad de las técnicas de cirugía, se hace necesaria la existencia de procedimientos de aprendizaje [Bas04]. Los métodos tradicionales de aprendizaje en principio no son en algunos casos tan realistas como sería deseable.
- ◆ La práctica de este tipo de procedimientos en modelos, maniquíes o cadáveres humanos o de animales se realiza en cursos especializados a un alto coste.
- ◆ Esto supone un problema:
 - Económico, en cuanto al elevado coste del proceso de aprendizaje;
 - Logístico, dado que la impartición de un curso implica gran cantidad de medios materiales por ejemplo para la adecuada conservación de los cadáveres;
 - De índole moral, en cuanto a la experimentación que se realice con cuerpos humanos o con los de animales.

Aprendizaje mediante plataformas de entrenamiento

- ◆ Si el aprendizaje se realiza únicamente en una operación real, no es posible plantear la posible solución frente a situaciones poco comunes.
- ◆ Además para que el aprendizaje no entrañe riesgos, obliga a que el cirujano esté capacitado y realice la intervención bajo la estricta supervisión de un cirujano experto.

Aprendizaje mediante plataformas de entrenamiento

- ◆ Todo ello ha llevado a plantear la utilización de entrenadores hápticos para completar el aprendizaje tradicional.
- ◆ Los aspectos como la interfaz que el cirujano manejará, la generación fiel y realista del entorno de la operación, el aprendizaje de la metodología, evaluación y coste deben ser considerados a la hora de diseñar estos entrenadores.
- ◆ Hay que destacar que el estudio de criterios de evaluación automática del nivel de aprendizaje alcanzado mediante el uso de estos entrenadores es un tema de investigación abierto.

DH: Entrenamiento quirúrgico

- ◆ La mayoría de las aplicaciones hápticas se realizan en el campo del entrenamiento quirúrgico [Bas07].
- ◆ El diseño de dispositivos de entrenamiento en técnicas de cirugía, permite adquirir conocimientos que normalmente sólo se pueden aprender durante operaciones reales o sobre animales.

DH: Entrenamiento quirúrgico

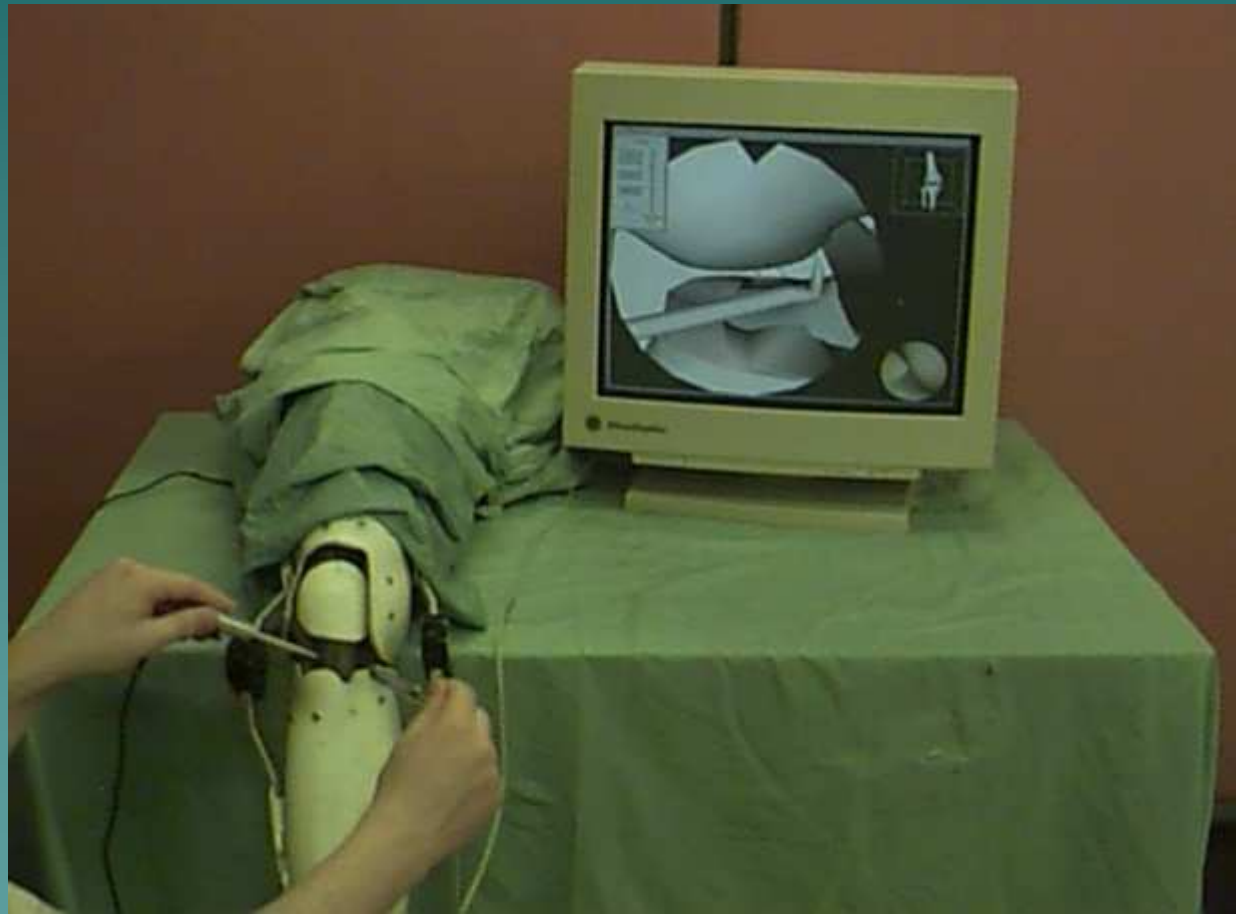
Algunos dispositivos actuales de entrenamiento (algunos no hápticos, pero permite comparar tecnologías) son:

- 1. Virtual Environment Knee Arthroscopy Training System** (University of Hull): Se trata de un sistema creado para permitir a cirujanos la práctica de la cirugía artroscópica de rodilla.

Se utilizan dos dispositivos quirúrgicos (la cámara de artroscopia y la sonda quirúrgica) que el usuario usa en conjunción con un modelo de rodilla articulado.

La posición de los dos dispositivos es rastreada y el entorno gráfico genera las imágenes apropiadas [Log96] [She01].

DH: Entrenamiento quirúrgico



DH: Entrenamiento quirúrgico

- 2. Lap Mentor (Simbionix):** Unas imágenes realistas de la cavidad intraabdominal permiten el entrenamiento de procedimientos de laparoscopia abdominal.

La herramienta incorpora realimentación de fuerza y modelado de tejidos.

Un instructor puede preparar una serie de casos que luego puedan ser practicados por un cirujano novel. El simulador utiliza instrumentación quirúrgica real [Sla06].

- 3. Key Surgical Activities (Mentice Medical):** El dispositivo Key Surgical Activities (KSA) está diseñado para el entrenamiento de procedimientos de laparoscopia abdominal (incorpora 2 VLI) [Mks06].

DH: Entrenamiento quirúrgico

- 4. Minimally Invasive Surgical Trainer** (Mentice Medical): Dos manipuladores que simulan instrumental de MIS son incorporados a un sistema cuyo interfaz es una pantalla de ordenador.

El instructor puede definir una serie de tareas de acuerdo al nivel del usuario. Hay realimentación de fuerza sobre los manipuladores [Mmi06].

- 5. LS500 Laparoscopy Simulation Platform** (Xitact Inc.): Es una plataforma háptica para el entrenamiento de técnicas de laparoscopia.

Incluye realimentación de fuerza; tiene la singularidad de ser un sistema abierto, compatible con la mayor parte de software de simulación comercial [Lsx06] [Sch04].

DH: Entrenamiento quirúrgico



Lap Mentor



LS500-Xitact

DH: Entrenamiento quirúrgico

6. Haptic Scissors (Johns Hopkins University): Se trata de uno de los pocos casos donde se estudia la simulación de unas tijeras con aplicación directa como por ejemplo en la acción de coser una suturación.

El dispositivo tiene dos grados de libertad, ambos con realimentación de fuerza. En cuanto al movimiento va a recoger por un lado la apertura o cierre en el plano de la tijera, y por otro lado la traslación de la tijera en ese mismo plano [Oka03].

DH: Entrenamiento quirúrgico

7. Select-IT VEST (Systems AG): Realiza la simulación de diferentes técnicas de cirugía por medio de multiplicar el número de actuadores hápticos (integra 4 diferentes) [Ves06].

8. UltraSim Ultrasound Training Simulator (MedSim Advanced Medical Simulations): El sistema UltraSim consiste en una máquina de ultrasonidos y un maniquí.

La posición y orientación de la sonda de ultrasonidos está recogida por los sensores tridimensionales dentro maniquí. [Med03].

DH: Entrenamiento quirúrgico

9. Endotower (Verefi Technologies): El sistema está diseñado para enseñar a los usuarios las habilidades para manejar una cámara angulada de Laparoscopia [Tha05].

10. Virtual Reality Arthroscopy Training Simulator – VRATS (Institut Graphische Datenverarbeitung): Uno de los diseños pioneros en el entrenamiento quirúrgico, incorpora el modelo de una rodilla humana y un instrumental real de artroscopia, cuyos movimientos son registrados realizando un tracking de su posición.

Incorpora una medida del progreso del aprendizaje [Mul98].

DH: Entrenamiento quirúrgico

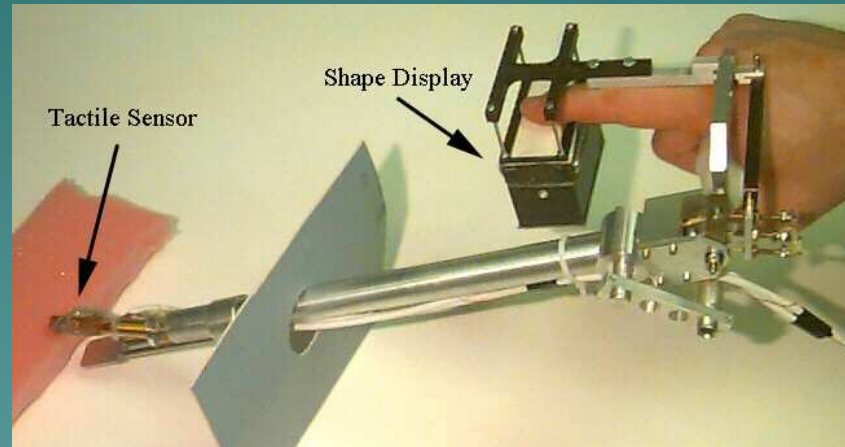
11.Remote Palpation Instruments for Minimally Invasive Surgery (Harvard BioRobotics Laboratory) [How94]: Se define la percepción táctil creando un dispositivo de palpación remota.

El dispositivo nos permite recrear la sensación de áspero, suave o duro de una superficie sobre un dedo del usuario. De esta manera la información táctil del interior del paciente llega a los dedos del médico. Se disponen una serie de sensores que miden la distribución de presión en el instrumento a medida que se manipula un tejido.

DH: Entrenamiento quirúrgico



UltraSim



**Remote Palpation
Instruments**

Bibliografía

- ◆ [Phil99] Diana Philips Mahoney "Getting the feel of virtual surgery" Computer Graphics World October 1999.
- ◆ [Sat98] Richard M. Savata, M.D. "Cybersurgery. Advanced Technologies for Surgical Practice" pp. 3-17 John Wiley & Sons, New York, 1998
- ◆ [Rei04] The role of haptics in immersive telecommunication environments Reiner, M.; Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Volume 14, Issue 3, March 2004 Page(s):392 – 401
- ◆ [Cha01] Angela Chang, Zahra Kanji, Hiroshi Ishii; Proceedings of ICS-FORTH 2001, Designing Touch-based Communication Devices.
- ◆ [Bas00] Basdogan, C.; Ho, C.H; [Srinivasan](#), M.; Slater, M.; An experimental study on the role of touch in shared virtual environments, ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), Volume 7, Issue 4 (December 2000), Pages: 443 – 460.

Bibliografía

- ◆ [Han07] Pro-sense Handshake.
<http://www.handshakevr.com/section/view/index.php>
- ◆ [Sch95] Schenker, P., Das, H., and Ohm, T. "A new robot for high dexterity microsurgery" Proceedings of the First International Conference, CVRMed '95, Nice, France April, 1995. Also in Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine, Lecture Notes in Computer Science, Ed. Nicholas Ayache, Springer-Verlag, Berlin 1995.
- ◆ [Fod06] Fodero K. II, H. King, M.J.H. Lum, C. Bland, J. Rosen, M. Sinanan, B. Hannaford, Control System Architecture for a Minimally Invasive Surgical Robot Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality, Long Beach, CA, USA, January 2006.
- ◆ [War98] Ward J.W., Wills D.P.M., Sherman K.P., Mohsen A.M.M.A. "The development of an arthroscopic surgical simulator with haptic feedback". Future Generation Computer Systems, Elsevier, 1998; 550: 1 – 9

Bibliografía

- ◆ [Vla03a] Vlachos, K., Papadopoulos, E., Mitropoulos, D. N. Design and Implementation of a Haptic Device for Training in Urological Operations, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 19, No. 5, October 2003.
- ◆ [Ros99] Rosen J., Hannaford B., MacFarlane, M.P., Sinanan, M. Force Controlled and Teleoperated Endoscopic Grasper for Minimally Invasive Surgery—Experimental Performance Evaluation. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 46, No. 10, October 1999.
- ◆ [Bur99b] Virtual Reality-Based Training for the Diagnosis of Prostate Cancer. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 46, no. 10, October 1999 Grigore Burdea, George Patounakis, Viorel Popescu, and Robert E. Weiss.
- ◆ [Tru03] Trumbower, R., Enderle, J.D., Recent Advances and Directions in Biomedical Engineering Education, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine July/August 2003.

Bibliografía

- ◆ [Bas04] Basdogan, C.; De, S.; Kim, J.; Manivannan Muniyandi; Kim, H.; Srinivasan, M.A.; Haptics in minimally invasive surgical simulation and training. *Computer Graphics and Applications*, IEEE, Volume 24, Issue 2, March-April 2004 Page(s):56 – 64.
- ◆ [Bas07] Basdogan, C., Sedef, M., Harders, M., Wesarg, S. *IEEE Computer Graphics and Applications*; March-April 2007. Volume: 27. Issue: 2. pp 54-66.
- ◆ [Log96] Logan, I., Wills, D.P.M., Avis, N.J., Mohsen, A.M.M.A. and Sherman, K.P. Virtual environment knee arthroscopy training system. *Proceedings: Simulation in Synthetic Environments*, New Orleans, pp11-16 (1996).
- ◆ [She01] Sherman KP, Ward JW, Wills DPM, Mohsen AMMA, *Surgical Trainee Assessment using a VE Knee Arthroscopy Training System (VE-KATS): Experimental Results*, *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality 2001*, 465-70, IOS Press.
- ◆ [Sla06] Symbionix. Lap mentor.
http://www.symbionix.com/LAP_Mentor.html

Bibliografía

- ◆ [Mks06] Mentice. Ksa key surgical activities.
<http://www.mentice.com/>
- ◆ [Mmi06] Mentice. Mist minimally invasive surgical trainer.
<http://www.mentice.com/>.
- ◆ [Lsx06] LS500-Laparoscopy Simulator. Xitact.
<http://www.xitact.com/>
- ◆ [Sch04] M. Schijven, J. Jakimowicz, F. Carter. How to select aspirant laparoscopic surgical trainees: Establishing concurrent validity comparing Xitact LS500 index performance scores with standardized psychomotor Aptitude Test Battery scores. Journal of Surgical Research, Volume 121, Issue 1, Pages 112-119, 2004.
- ◆ [Oka03] Okamura, A., Webster, R., Nolin, J., Johnson, K., Jafry, H. The haptic scissors: Cutting in virtual environments. In IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2003. pp. 828 – 833.
- ◆ [Ves06] VEST system Select-IT VEST Systems AG.
<http://www.select-it.de/index.php>

Bibliografía

- ◆ [Med03] Medsim. (2003, Mar.). UltraSim. Online Training Simulator.
<http://www.medsim.com/products/products.html>
- ◆ [Tha05] Thai Pham, L. Roland, A. Benson, R. Webster, A. Gallagher, R. Haluck, "Smart Tutor: A Pilot Study of a Novel Adaptive Simulation Environment", Proceedings of the Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference, (MMVR '2005), Long Beach, California, Sponsored by Aligned Management Association and the University of California at Irvine, January 24-29, 2005, pp. 385-389.
- ◆ [Mul98] W. Muller and U. Bockholt. The virtual reality arthroscopy training simulator. *Medicine Meets Virtual Reality*, 6:13–19, 1998.
- ◆ [How94] Howe, R.D., Peine, W.J., Kontarinis, D.A., and Son, J.S., "Remote Palpation Technology for Surgical Applications," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 14(3):318-323, May/June 1994.