

Reconstrucción y clasificación de estructuras anatómicas a partir de secuencias de imágenes ecográficas

NANCY SOLANGE PRADO SABALISCK

RESUMEN

Existe mucha información clínica que se puede obtener de las imágenes médicas obtenidas de un paciente. Durante este año se han desarrollado dos importantes tareas relacionadas con la investigación en este campo: el módulo de “realidad aumentada”, correspondiente a la generación de datos 3D, desarrollando una interfaz de usuario que permite realizar la calibración de cámara para imágenes tomadas con 1 y 2 cámaras, y la creación de un “browser” dedicado a la visualización de datos anatómicos 3D, desarrollando un prototipo de herramienta en VMRL-JAVA que permite vía WWW, navegar y cambiar propiedades sobre diferentes órganos anatómicos.

ABSTRACT

Reconstruction and classification of anatomical structures from ecographic images sequences.

It exists a large amount of clinical information which can be obtained from patients imaging. During this year, two important tasks within this research area have been developed: the “increased reality module”, corresponding to 3D data generation, developing a user interface allowing the calibration of images acquired with one and two cameras; and the creation of a “browser for the user interface”, used for 3D anatomical data visualization, developing a program written in VRML-JAVA, which allows browsing on different parts of anatomy as well as changing the organs properties.

INTRODUCCION

La realidad virtual puede ser definida como un grupo de hardware y programas de software, que permite hacer simulaciones realistas de la interacción con objetos virtuales, los cuales son modelos computerizados de objetos reales. Frecuentemente se toma un objeto ya existente (objeto real) y a partir de éste se crea una versión virtual.

Los datos son adquiridos desde la realidad a través de digitalización, procesado y segmentación de imágenes. Con estos datos se construyen prototipos virtuales con los cuales es posible interactuar: sentirlos, oírlos, verlos y tocarlos. Para esto es necesario utilizar interfaces que permitan la síntesis de imágenes reales, visualización estereoscópica, interfaces sónicas, "human-computer interface", o paralelismo, entre otras técnicas. Métodos como el registro de imágenes, "motion-tracking" y "augmented reality", se utilizan para hacer la integración del prototipo virtual dentro de un cuadro real.

La realidad virtual tiene una gran gama de aplicaciones en las más diversas áreas del conocimiento humano en especial en el área médica. Frecuentemente los médicos hacen su diagnóstico con base en la evolución de lesiones, tumores o análisis de estructuras anatómicas, fundamentándose en el análisis de imágenes del cuerpo humano. En particular, suelen utilizarse imágenes obtenidas por rayos-X, tomografía computerizada, resonancia magnética, endoscopía, ultrasonografía, etc, que permiten obtener información tridimensional de las estructuras anatómicas.

El análisis de las estructuras internas del cuerpo sólo ha sido posible durante el último siglo, con el descubrimiento de los rayos-X. Otra revolución llegó no hace más de 30 años con la utilización de las tomografías computerizadas y re-

sonancias magnéticas que permiten el estudio y análisis en tres dimensiones del cuerpo humano. No obstante, como todas las técnicas, los rayos-X tienen limitaciones en cuanto a tipos de tejidos, textura y profundidad que pueden estudiar. En este contexto, las técnicas médicas de ultrasonido se han revelado de gran utilidad. Los ultrasonidos son particularmente utilizados en especialidades como obstetricia, ginecología y cardiología, además del diagnóstico de una infinidad de enfermedades. Gracias a las diferentes técnicas de obtención de datos anatómicos hoy ya se puede trabajar con imágenes digitalizadas en las redes www.

Dentro de este concepto de tratamiento y visualización de imágenes, el Grupo de Televisión del Dep. de Señales y Comunicaciones de la ULPGC está desarrollando una serie de proyectos dedicados al tratamiento de imágenes médicas y en este artículo presentamos el proyecto "Reconstrucción y clasificación de estructuras anatómicas a partir de secuencias de imágenes ecográficas, compuesto por

dos partes; "realidad aumentada" y "construcción de un visualizador tridimensional".

Realidad Aumentada

Existen varias técnicas de ultrasonidos, aunque la imagen bi-dimensional es la más frecuente. Sin embargo, todas ellas están sujetas a la subjetividad y dependen de la experiencia del especialista a la hora de manipular la sonda y reconstruir mentalmente la estructura 3D a partir de las secuencias de imágenes 2D, para obtener un diagnóstico o proceder a una intervención. Por esta razón se están proponiendo nuevas técnicas más objetivas, como la imagen 3D que va ganando terreno en varias especialidades. La imagen 3D se puede hacer utilizando instrumentación 3D, que en general es muy cara, o a partir de la secuencia de imágenes 2D utilizando un visualizador que simula modelos 3D. La base de este trabajo es así la simulación 3D a partir de la secuencia de imágenes 2D, centrándose en la adquisición y reconstrucción de imágenes.

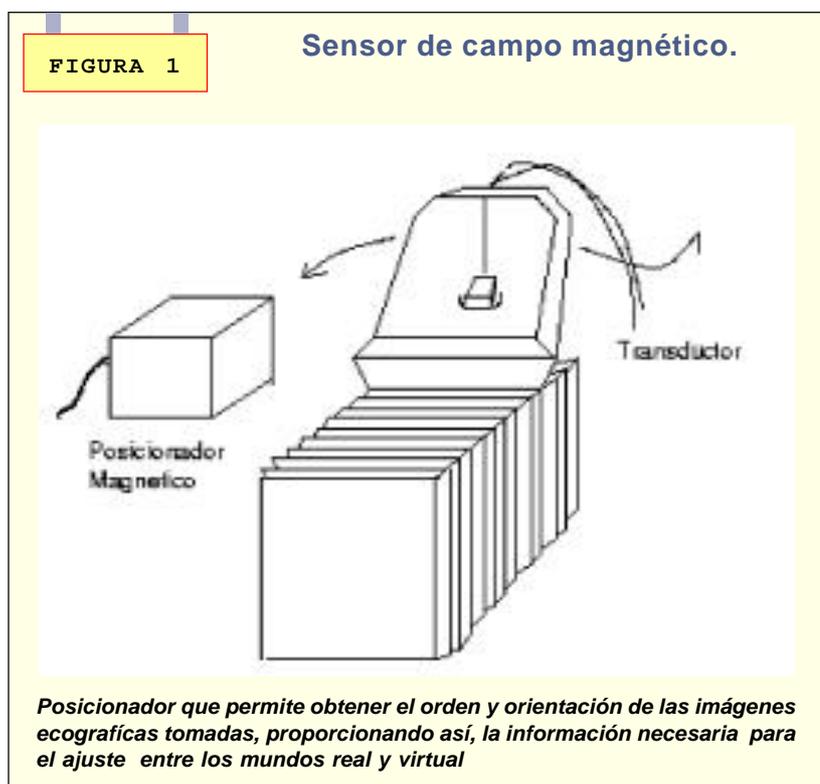
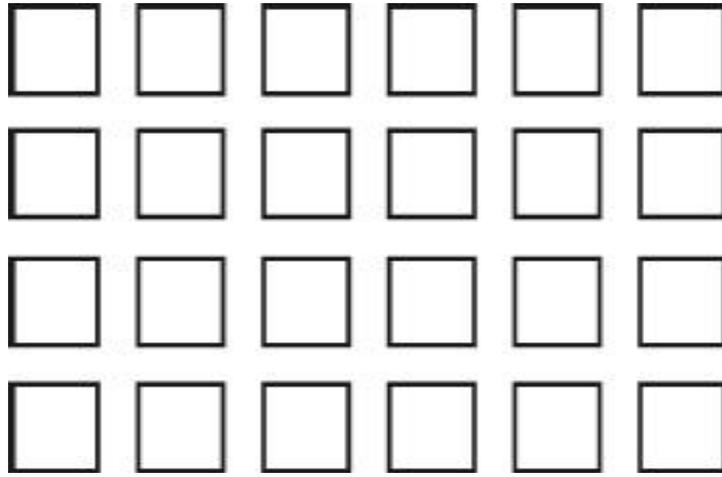


FIGURA 2

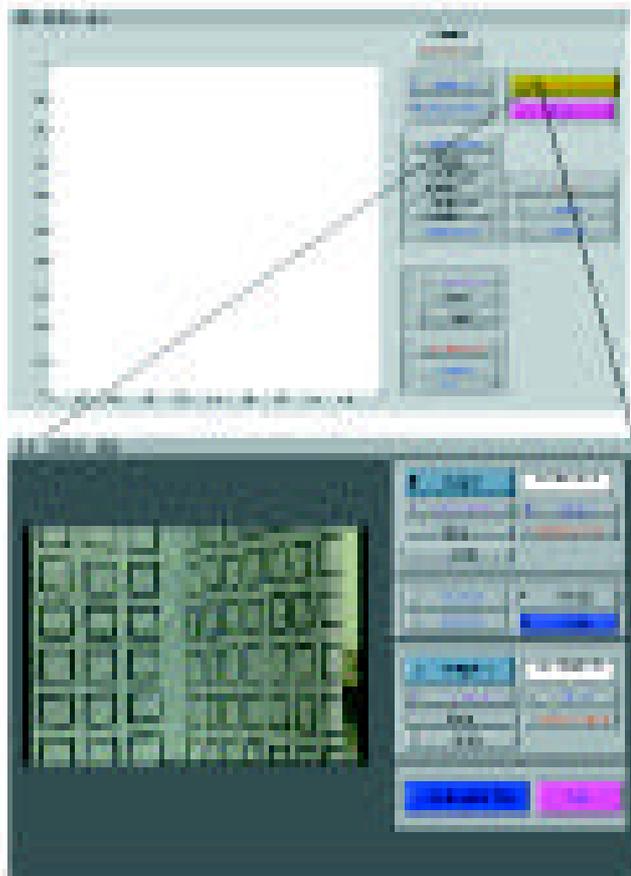
Patrón geométrico



Utilizado para obtención de las imágenes de calibración de las cámaras.

FIGURA 3

Sensor de campo magnético.



Interfaz del usuario creado para la calibración de cámara utilizado en el módulo de realidad virtual. En la parte superior se muestra la interfaz para una cámara. En la de abajo la interfaz para dos o más cámaras.

En este trabajo se utilizan imágenes obtenidas con la técnica de manos libres en la cual la posición y ángulo de la imagen son determinados por el operador, puesto que permite elegir las mejores imágenes y su orientación de acuerdo con la compleja superficie del paciente por donde pasa la sonda. La determinación del orden y orientación de las imágenes que se exige en la reconstrucción 3D se obtiene asociando un sensor de campo magnético (fig1), que consiste en un transmisor colocado cerca del paciente. Este sistema es muy flexible y produce imágenes de alta calidad, con lo cual es ampliamente utilizado en obstetricia y para realizar imagen vascular.

En particular, en el campo de la obstetricia, además de conocer la posición y la orientación de las imágenes es necesario conocer la posición del feto con relación a la madre. Para ello es necesario combinar imágenes ecográficas del feto y la imagen real de la madre en el momento de la ecografía.

El **módulo de realidad aumentada** es, por consiguiente, un método completamente novedoso que consiste en mejorar la representación de los datos volumétricos (reconstrucción tridimensional de las superficies que componen el feto a partir de secciones sonográficas utilizando los ecógrafos disponibles), procedentes de la ecografía en la posición relativa correcta con respecto a la madre bajo exploración. Para ello se proyecta un módulo gráfico sobre una secuencia de imágenes reales que se obtiene en una estación de trabajo mediante cámaras. Todo el proceso requiere una calibración entre cámara y mesa de inspección. El posicionador magnético proporciona la información necesaria para el ajuste entre los mundos real y virtual.

La calibración de la cámara se realizó en el Laboratorio de Televisión II del Dep. de Señales y Comunicaciones de la UPLGC. El ex-

perimento se hizo utilizando un patrón geométrico (fig. 2) situado sobre una mesa. Las imágenes del patrón (objeto real) fueron obtenidas con una cámara, tomando imágenes coplanares y no coplanares, con lo cual se calibró un sistema monovisión utilizando el método de Faugeras (1993). A continuación se realizó el mismo experimento, tomando no obstante, imágenes no coplanares, utilizando dos cámaras. De esta forma se calibró un sistema estereoscópico.

En ambos casos se usaron cámaras de vídeo profesional Beta-cam. El sistema estéreo es importante pues es el sistema que se utilizará para la obtención de las imágenes de la madre bajo exploración. La calibración se realizó con base en el método de Tsai (1986).

Como resultado de este trabajo se ha hecho una **interfaz de usuario** (fig. 3) que permite calibrar cualquier imagen tanto para un sistema monovisión (una cámara) como estéreo (2 cámaras). La interfaz permite determinar los parámetros de la cámara y de las imágenes para que se pueda montar un sistema en la sala del hospital para la obtención de imágenes de la madre durante el análisis. O sea, permite definir la posición y orientación de las cámaras con relación a la camilla de exploración. Como resultado final de la calibración, los parámetros obtenidos permitirán superponer de manera más exacta las imágenes reales de la madre y las imágenes ecográficas del feto, con lo que se facilita el análisis y diagnóstico de las ecografías.

La calibración de imágenes también es aplicable al proyecto **Interfaces gesticulares basados en visión para ayuda a personas con deficiencias auditivas y visuales**, que trata de la lectura de signos para el lenguaje gestual para sordomudos en ordenadores, sobre el cual se desarrolla una tesis doctoral dentro del grupo (Socas 1998, Ruiz-Alzola et al. 1999a, 1999b).

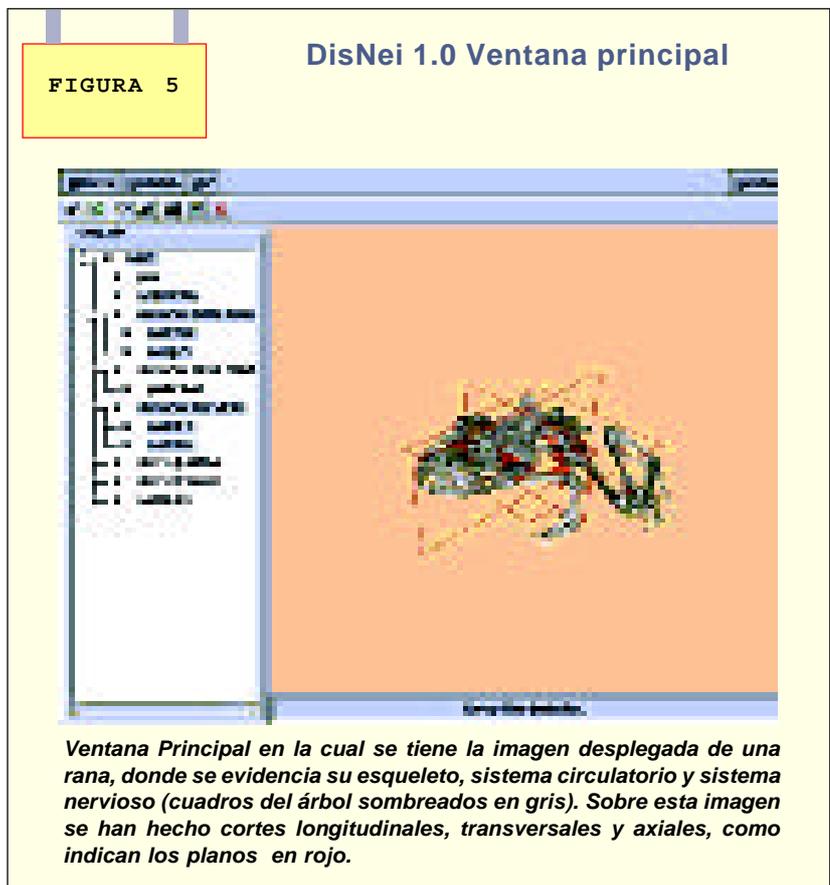
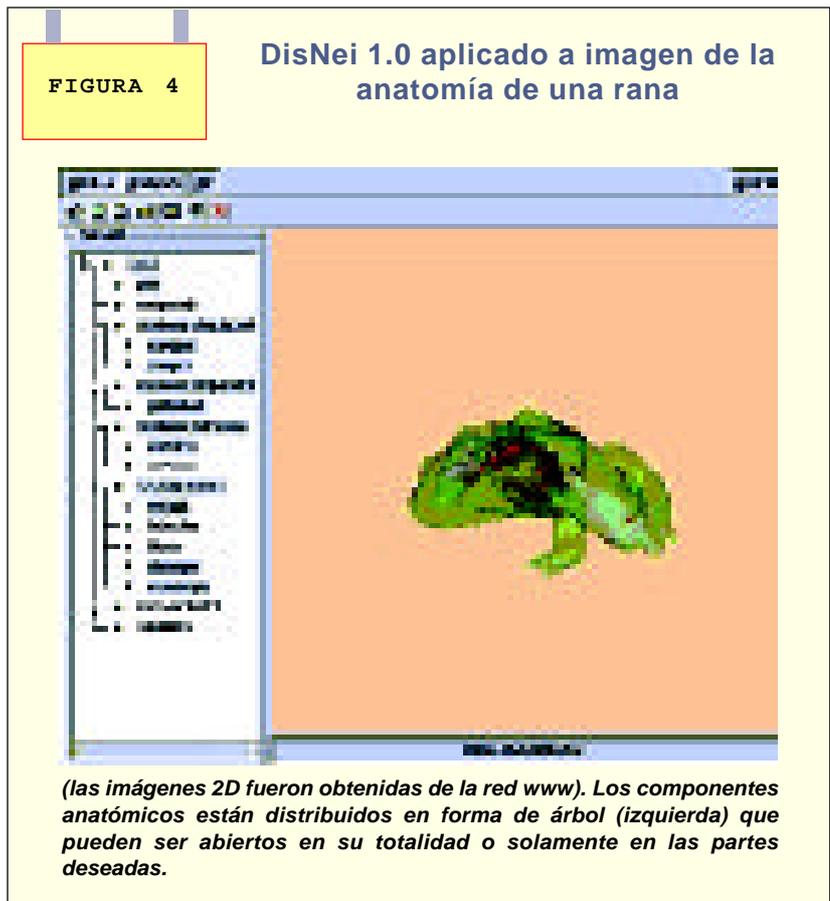


FIGURA 6

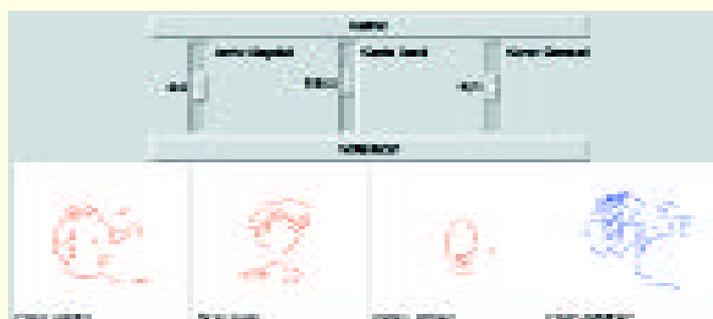
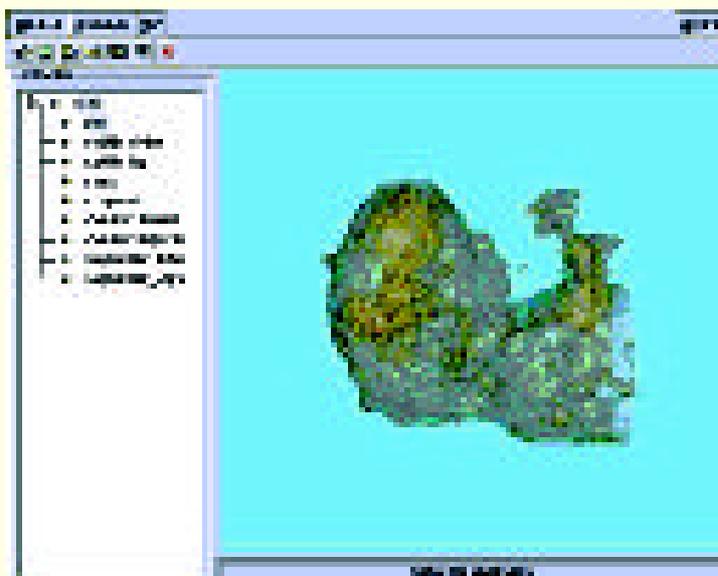
DisNei 1.0 Ventanas Auxiliares



Ventanas auxiliares, donde se enseña detalles, en contorno, de cada uno de los corte anteriormente mencionados en la figura 5.

FIGURA 7

Datos de la anatomía humana obtenido desde la ecografía de un feto



El visualizador **disNei 1.0** permite hacer transparente la piel del feto, además de dar detalles, en contorno, de diferentes planos de corte de la anatomía del feto.

VISUALIZADOR 3D

Se entiende por visualización de datos tridimensionales la proyección de las estructuras 3D sobre una imagen bi-dimensional, que es la pantalla del ordenador.

A partir de una serie de imágenes bi-dimensionales es posible hacer visualización volumétrica directa (“volume rendering”) o bien visualización de las superficies de los datos (“surface rendering”). En este trabajo se construye un visualizador 3D.

Para proceder a la reconstrucción de las estructuras tridimensionales se puede o bien hacer la segmentación de las imágenes 2D, lo que permite extraer contornos de cada estructura o detalles de cada imagen, o bien utilizar una serie de imágenes 2D para construir la estructura total en volumen. El punto de vista y la transparencia de los objetos presentes determinan cuáles de las estructuras son visibles y cuáles no. Así, para la construcción del visualizador 3D se ha diseñado e implementado un navegador (“browser”) **disNei 1.0** que permite interpretar los datos anatómicos y manipularlos (color, transparencia, punto de vista, etc.). El objetivo es crear una herramienta de trabajo que el usuario (médico, u otro profesional del área) pueda utilizar de manera interactiva y sencilla.

El navegador anatómico **disNei 1.0** está implementado en **VTK-Tcl/TK** (VTK son librerías de visualización y Tcl/TK se utiliza para la interfaz del usuario). Con el navegador **disNei 1.0** es posible cargar estructuras jerarquizadas asociadas a ficheros tridimensionales (isosuperficies de órganos obtenidos a partir de imágenes 2D, previamente segmentadas). Estas estructuras jerarquizadas se muestran en forma de árbol de manera que el usuario puede plegar y desplegar la imagen según desee (fig. 4). La manipulación de la imagen se hace utilizando selección de grados de

transparencia, color, etc, lo que cambia las propiedades de los diferentes órganos. También es posible aplicar rotaciones, "zoom", destacar detalles, etc. El navegador disNei 1.0 permite además la posibilidad de conservar los cambios en la imagen, salvándola en un formato accesible a su utilización en la red WWW. (VRML).

Con esta idea de interactuar con la red internet, el grupo ha desarrollado un proyecto de final de carrera donde se usaron datos obtenidos en la propia red internet para hacer un navegador similar en lenguaje de programación JAVA-VRML. Actualmente otro proyectando implementa, también en JAVA, la extensión del mismo para hacerlo más robusto y que incluya estructuras jerárquicas.

Otra interesante aplicación del navegador **disNei 1.0** es la posibilidad de hacer cortes sobre la imagen del órgano deseado. Estos cortes resaltan detalles y por consiguiente facilitan el análisis y diagnóstico. Los cortes pueden ser ortogonal (axial, coronal, sagital) y también en planos arbitrarios. El plano de los cortes realizado sobre el órgano es siempre indicado en la pantalla principal, mientras que, paralelamente, en las ventanas secundarias se ven los detalles resaltados por los cortes (fig. 5, fig. 6, respectivamente).

El desarrollo de un navegador capaz de visualizar estructuras 3D ha facilitado la obtención de un prototipo cuyas herramientas facilitan el manejo y visualización de datos tridimensionales. Este prototipo tiene una aplicación médica directa (fig. 7), pues permite al médico manejar la infor-

mación acumulada en las imágenes como estructuras o reconstrucciones 3D. Facilita, por consiguiente, el diagnóstico, planificación de una intervención quirúrgica o, simplemente, la obtención de información con facilidad.

El navegador **disNei 1.0** es actualmente un prototipo que se mejorará incluyendo por ejemplo, etiquetas en los datos, lo que constituye una ventaja más del **disNei 1.0**, pues permite utilizarlo con fines didácticos en el estudio de la anatomía, y también se complementará con nuevos algoritmos desarrollados por el grupo que permitirán obtener un mayor número de aplicaciones y facilidades.

El navegador anatómico **disNei1.0** pronto será lanzado, como prototipo, al mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J. E., et al. (1998):** "Anatomy Browser: Java – Based interactive teaching tool for learning human neuroanatomy", *Electronic Journal*, vol. 2.
- Bouvier D.J., Dankwaudt, K.P.(1988):** "Getting Started with the JAVA 3D Api. A tutorial for beginners", Sun-Microsystems.
- Cruz-López, A.(1996):** Memorias del proyecto Espacio Acústico Virtual: Estéreo vision. Estado del arte, *Santa Cruz de Tenerife, Instituto Astrofísico de Canarias*.
- Faugueras, O.(1993):** Three dimensional computer vision, *Cambridge, Ed. MIT Press*.
- Faugueras, O., Toscani, G. (1986):** "The calibration problem for stereo", *Proc.IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognit. págs. 15-20*.
- Fenster, A., Downey, D.B.(1996):** "3-D Ultrasound imaging : A Review", *IEEE Engineering in Medicine and Biology, vol.15, núm. 3*.
- Higueruela, F.,Segura-Sánchez, R.J., Conde-Rodriguez , F.A.(1997):** Programación en Tcl/TK , *Servicio de publicaciones e intercambio científico, Universidad de Jaén*.
- Jain, R., Kasturi, R., Shunck, B. G.(1995):** *Machine Vision, Cambridge, Ed. MIT Press & McGraw-Hill*.
- Lorensen, W.E., Harvay, E.C., (1987):** "Matching Cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm", *Computer Graphics, vol. 21, núm. 4*.
- Rhodes, M. L.(1997):** "Computer Graphics and Medicine: A complex partnership" *Computer Graphics and Applications, vol. 17, núm. 1*.
- Ruiz-Alzola, J., Alberola, C., Juan, F., Socas, R., (1999a):** "Human hand posture and gesture recognition: toward a human-gesture com-munication interface", *International Conference of Image Processing ICIP'99 IEEE, Kobe, Japan*.
- Ruiz-Alzola, J, Gómez, L., Alberola, C., Socas, R., (1999b):** "Estimación posturas manuales en tiempo real mediante el algoritmo de optimización de Resenbrock", *Congreso Unión Científica Internacional de Radio, URSI'99, pág. 284, Santiago de Compostela, ETSI Telecomunicación*.
- Shroeder, W., Martin, K., Lurenson, B., (1998):** The Visualization Toolkit: An object oriented approach to 3D graphics, *New Jersey, Pritice Hall PTR, (2ª ed.)*
- Sid-Ahmed, M.A., Boraie, M.T., (1990):** "Dual camera calibration for 3D machine vision metrology", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement , Jul*.
- Surgical Planning Laboratory (SPL), <http://splweb.bwh.harvard.edu:8000>**

VTK homepage, <http://www.kitware.com/vtk.html>

Socas, R., (1998): "Proyecto de final de carrera: Interfaces gestuales basadas en visión", ESIT, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Suárez, E., Ruiz-Alzola, J., Eugenio, F., Alberola, C.,

(1999): "Interfaz gráfica para el desarrollo de contornos activos", Congreso Unión Científica Internacional de Radio, URSI'99, p 655, Santiago de Compostela, ETSI Telecomunicación.

Tsai, R.Y.(1986): "An efficient and accurate camera calibration technique for 3D machine vision",

Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami Beach, págs. 364-374.

"The virtual reality modelling language", 1997, International Standard ISO/IEC 14772-1, <http://www.vrml.org>

BIOGRAFÍA

Nanci Solange Prado Sabalisk

El Grupo de Televisión (GrTV) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria colabora con "Surgical Planning Laboratory at Harvard Medical School", "Brighan & Women's Hospital", la Universidad de Valladolid y el Hospital Universitario de Canarias, en este y en otros proyectos en el área del desarrollo de imágenes y procesado de imágenes médicas. El grupo está compuesto por un doctor, actual post-doc en Harvard, tres doctorandos y un ingeniero de software. Además de tesis doctorales, en el grupo se realizan proyectos de

final de carrera.

Dirección:

Campus de Tafira, Escuela Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Dep. Señales y Comunicaciones, 35017 – Las Palmas. Tel: 34 928 45 29 80, Fax 34 928 45 12 43. e-mail jruiz@dsc.ulpgc.es, marf@dsc.ulpgc.es, eduardo@dsc.ulpgc.es, rsocas@cistia.es, 64517@newmann.teleco.ulpgc.es, nanci@dsc.ulpgc.es, Pagina WWW del grupo: <http://grtv.teleco.ulpgc.es>

Este trabajo ha sido patrocinado por:
UNIÓN ELÉCTRICA DE CANARIAS, S.A (UNELCO).