

# REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE VISIÓN POR COMPUTADOR A TRAVÉS DE INTERNET

F.M. SÁNCHEZ, L. ÁNGEL, D. GARCÍA, J.M. SEBASTIÁN

*Departamento de Automática, Ingeniería Electrónica e Informática Industrial, ETSI Industriales,  
C/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid, ESPAÑA.*

*E-mail: jsebas@etsii.upm.es*

El presente artículo describe el sistema Títire, diseñado para la realización de prácticas de visión por computador de forma remota. A través de dicho sistema, el alumno puede capturar imágenes y secuencias de video, modificando las condiciones de captación de las mismas: punto de vista, óptica, iluminación y selector de experimentos. Igualmente puede procesar dichas imágenes mediante una amplia gama de algoritmos programados en Java. La enseñanza es guiada mediante un conjunto de prácticas que recogen los conceptos más relevantes de la visión por computador, y que incluyen posibilidades de auto-evaluación. El objetivo del sistema es pues suministrar al alumno una herramienta que permita el auto-aprendizaje de la materia, de forma remota, compartiendo equipos reales y sin restricciones temporales a la hora de su ejecución.

## 1 Introducción

Durante los últimos años el uso de las nuevas tecnología en la educación ha experimentado un extraordinario crecimiento [1],[2],[3], siendo fácil encontrar direcciones que ofrecen cursos de aprendizaje por Internet [4]. Herramientas, tales como tutoriales, imágenes, videos o sonidos, ofrecen excelentes oportunidades a los profesores y a los estudiantes, presentando muchas ventajas y algunos inconvenientes [5], [3].

El sistema Títire es una arquitectura para la realización de prácticas de visión por computador, con posibilidad de controlar remotamente un laboratorio real ubicado en la Universidad Politécnica de Madrid, lo que añade un mayor realismo en el aprendizaje. Está disponible para uso público en <http://títire.disam.etsii.upm.es>. Dicho sistema está siendo utilizando ininterrumpidamente desde el curso académico 98-99 hasta la actualidad. Para más información consultar[6]. Según los datos obtenidos de los usuarios, se muestra que este tipo de enseñanza es más atractiva para los alumnos, permite un aprendizaje más flexible y como consecuencia es más eficiente desde un punto de vista pedagógico. Entre las ventajas que aporta éste tipo de sistemas en la realización de prácticas remotas destacan las siguientes:

- Permite el desarrollo de prácticas en entornos en los que no es posible o recomendable la presencia del alumno en contacto con el sistema real.
- No exige la existencia de horarios prefijados para la realización de las prácticas, lo que permite una mejor asimilación de los conceptos por parte del alumno.
- Posibilitan la realización de una evaluación flexible y rápida, con técnicas de auto-aprendizaje

Inicialmente el sistema fue diseñado para el aprendizaje de los fundamentos de Visión por Computador, dentro de las asignaturas de segundo ciclo. Posteriormente se ha extendido su uso en asignaturas de tercer ciclo. Varias Universidades Latinoamericanas utilizan este sistema como una herramienta disponible desde sus países. Ya que sólo es necesario un

PC con conexión a Internet, el profesor puede usar el sistema fácilmente desde la clase, completando los conocimientos teóricos con la experimentación real. Aunque existen otras experiencias en la enseñanza remota de Visión por Computador [7], no se han encontrado en la literatura otros sistemas con las mismas características.

En el artículo se detalla inicialmente la estructura del sistema; posteriormente se describe las aportaciones realizadas al alumno; el siguiente apartado expone las prácticas a realizar por el estudiante, para por último remarcar las conclusiones.

## **2 Descripción del sistema**

La descripción del sistema Títere se divide en dos partes: los módulos del sistema y la descripción del funcionamiento interno del sistema.

### *2.1 Módulos del sistema*

La arquitectura del sistema consta de tres módulos básicos: el laboratorio real, el servidor y el cliente remoto.

- Laboratorio real. El escenario (figura 1) que permite la captura de imágenes consta de tres componentes que son controlados por el cliente remoto: 1) Cámara color Sony EVI-D31 con control de pan, tilt y zoom (el enfoque y el iris se ajusta automáticamente). 2) Plataforma giratoria, para seleccionar distintas piezas. 3) Sistema de iluminación a contraluz con la posibilidad ser encendido o apagado.
- Servidor. Es un PC que interacciona con el laboratorio real, y con el cliente remoto a través de Internet. Entre sus elementos cabe destacar una tarjeta digitalizador Matrox Meteor, una tarjeta de entradas-salidas para controlar la mesa giratoria y la iluminación. El control de la cámara se realiza a través de un canal serie. El sistema operativo empleado es el Linux, el servidor es el Apache (HTTPd). Se emplean aplicaciones CGI para realizar el control de los dispositivos físicos. Los parámetros son seleccionados por el usuario a través de las páginas del sistema.
- Cliente Remoto. El cliente remoto es un computador con cualquier sistema operativo, un navegador estándar y soporte para Java 1.0.2. Este soporte permite al alumno el acceso a los entornos de adquisición de imágenes y de procesamiento de las mismas. El entorno para la adquisición de imágenes se muestra en la figura 2. El sistema está disponible todos los días a cualquier hora, salvo las reservadas para las labores de mantenimiento.

### *2.2 Descripción del funcionamiento interno del sistema*

El servidor HTTPd recibe los comandos desde el cliente remoto y ejecuta la correspondiente aplicación CGI. En el sistema propuesto la aplicación consiste en el control de la cámara y del entorno de captación y en la adquisición de las imágenes. Cuando la adquisición finaliza, el servidor envía la imagen al cliente.

El digitalizador, la mesa giratoria, la cámara y la iluminación, que forman el sistema físico, son los únicos recursos externos que pueden ser conflictivos para varios usuarios.

Puesto que normalmente sólo un cliente desea en ese instante mover la cámara, la aplicación CGI cumple satisfactoriamente su cometido, y no ha sido necesario utilizar un Java Servlet. El posible conflicto es solucionado con un semáforo. Si el recurso está libre, el cliente accede modificando el estado del sistema. Si por el contrario está ocupado, se genera un mensaje de espera. El resto de las páginas web son gestionadas concurrentemente por el servidor Apache, por lo que varios usuarios pueden acceder simultáneamente al módulo de procesamiento o a la evaluación de las prácticas.

Cualquier cliente puede acceder al sistema, aunque solamente aquellos que han sido dados de alta como usuarios pueden almacenar información en el servidor o ejecutar las opciones de auto-evaluación.

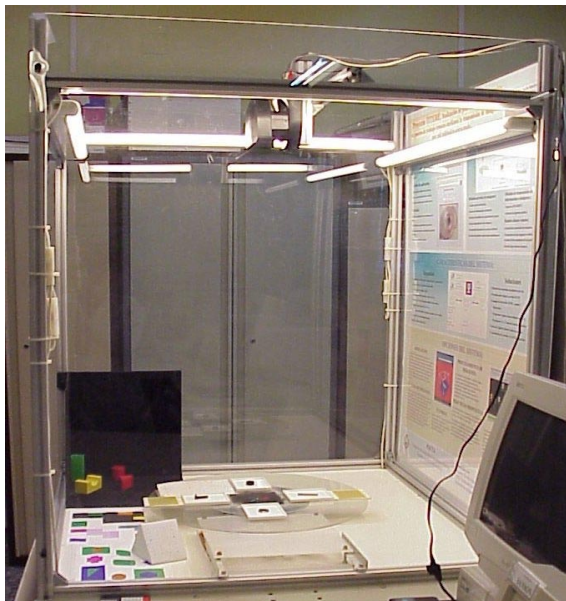


Figura 1. Vista panorámica del laboratorio real

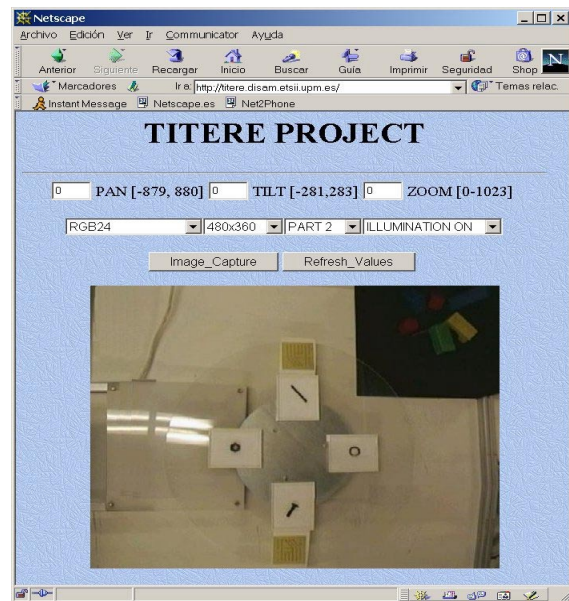


Figura 2. Entorno de captación de imágenes

### 3 ¿Qué ofrece el sistema Títere a los alumnos?

Este apartado describe las diferentes herramientas disponibles en el sistema para los alumnos. Todas ellas están integradas en la página web del sistema y pueden ser usadas con un navegador estándar.

#### 3.1 Captura de imágenes

La interfase de captura de imágenes (figuras 2) posee dos áreas. La primera contiene menús y texto que permiten al usuario seleccionar los parámetros del sistema. Las opciones de control permiten manejar la cámara (pan, tilt, y zoom), el formato de la imagen (resolución y color), el selector de piezas y la iluminación. La segunda área muestra la última imagen capturada por el sistema. Dicha imagen es comprimida a formato JPEG con una pequeña pérdida de calidad.

### 3.2 Módulo de procesamiento de imágenes

Un módulo de procesamiento de imágenes (figura 3) ha sido desarrollado utilizando el lenguaje Java y puede ser cargado en la memoria del cliente como applets. La interfase consta de un área de trabajo con diferentes bloques que pueden ser conexionados por el usuario. Cada bloque realiza un procesamiento de imágenes o una operación de lectura-escritura. Este esquema presenta para el alumno muchas ventajas, pues puede construir complejos procesamientos a partir de sencillas operaciones. El contenido del área de trabajo (bloques, parámetros y conexiones) puede ser grabado por el alumno, lo que facilita el desarrollo de las prácticas y su evaluación.

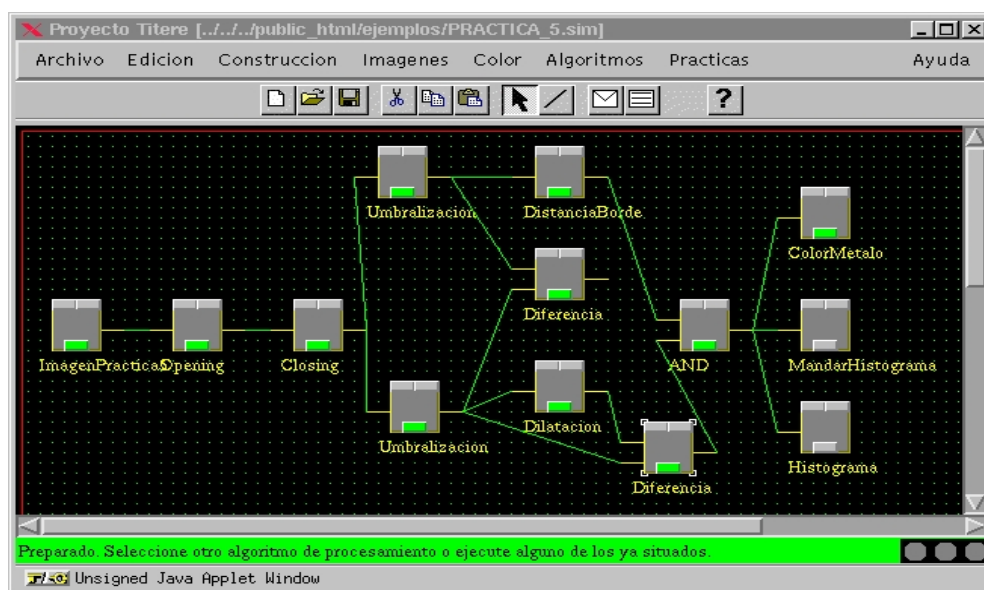


Figura 3. Módulo de procesamiento de imágenes

Dos formas de usar el módulo de procesamiento de imágenes están disponibles: en red y en local. Si se desea grabar imágenes a través del módulo de captación de imágenes es necesario hacerlo desde la versión en red

### 3.3 Tutorial

El tutorial consta de dos secciones diferentes. La primera describe las técnicas básicas de procesamiento de imágenes, y constituye una primera toma de contacto para el alumno. La segunda parte del tutorial es un manual de usuario, que describe las características y las funciones del sistema Títire.

### 3.4 Auto-evaluación de prácticas

El sistema tiene implementadas varias prácticas (ver apartado 4), que posibilitan que el alumno trabaje con imágenes reales o sintéticas y diseñe algoritmos de procesamiento de imágenes. Cada práctica consta de objetivos, imágenes empleadas, algoritmos utilizados, descripción de la práctica y preguntas de auto-evaluación. Una vez que el alumno ha realizado la práctica debe de rellenar un cuestionario a través del navegador, que genera

una nota resultado. Puede contestar cuantas veces desee a la preguntas para ver la evolución de sus conocimientos, aunque en el servidor queda registrada dicha evolución.

Con respecto a la evaluación, se utilizan diferentes estrategias. La primera consiste en suministrar un formulario al alumno en la página web. El alumno debe de constarlo y enviarlo. Las preguntas son automáticamente contestadas y evaluadas según los criterios definidos en cada formulario. No se busca el recuento de respuestas correctas, algo que puede ser muy subjetivo cuando se evalúa la bondad de los algoritmos de visión, sino que se busca la coherencia y la consistencia de las respuestas. Una segunda estrategia para la evaluación del alumno, consiste en analizar las imágenes y el área de trabajo generado por el alumno.

La experiencia de los autores en el campo determina que la evaluación generada por el sistema no debe de ser usada exclusivamente para la calificación definitiva de la asignatura, pues no se puede asegurar la autenticidad cuando se contestan las preguntas (salvo que se realizasen en una sala de exámenes, lo que también limitaría los beneficios del sistema). Por el contrario si que se demuestra como una útil herramienta para que el propio alumno pueda medir su nivel de conocimiento, faceta básica para el auto-aprendizaje.

#### **4 Prácticas propuestas**

Se han desarrollado las siguientes prácticas:

1. Reducción del ruido. Con imágenes sintéticas corrompidas con distintos tipos de ruido, se prueba una amplia gama de algoritmos de filtrado del ruido, comparándose los resultados con la imagen inicial y determinando la bondad de los algoritmos empleados.
2. Detección de bordes. Con imágenes sintéticas corrompidas con distintos tipos de ruido, se prueba una amplia gama de algoritmos de detección de bordes, comparándose los resultados con la imagen ideal de bordes y determinando la bondad de los algoritmos empleados.
3. Procesamiento de imágenes en color. Para imágenes reales se determina la adaptación de los algoritmos de reducción del ruido y detección de bordes en función del espacio de color empleado en el procesamiento.
4. Segmentación, localización y reconocimientos de piezas. El propósito de esta práctica es estudiar el problema de reconocimiento de piezas en imágenes reales. El estudiante puede adquirir imágenes de diferentes elementos reales, como una arandela, un tornillo, o una tuerca, y calcular los descriptores más significativos de cada tipo de pieza en orden a reconocerlas.
5. Análisis metalográfico. Esta práctica consiste en la determinación del ancho de la zona periférica de un redondo de acero con alto contenido en carbono mediante técnicas morfológicas. Se suministra al alumno una herramienta para medir la anchura de la mencionada zona periférica, en piezas sometidas a un tratamiento de cementación, para aumentar la resistencia al desgaste del material.
6. Detección de defectos en PCBs. Esta práctica permite al estudiante asimilar ciertas técnicas de inspección sobre placas de circuito impreso (PCB) mediante visión

artificial. Se dispone de dos PCBs similares habiéndose introducido defectos en una de ellas. El propósito de la práctica es detectar errores de fabricación, como son engrosamiento, estrechamientos, roturas en pistas, pads demasiado pequeños o demasiado grandes y pads no taladrados.

7. Segmentación automática de piezas. Empleando imágenes reales, el alumno debe de ensayar distintos algoritmos de segmentación automática implementados en el sistema.

## 5 Conclusiones

En el artículo se presenta un sistema para la realización de prácticas de visión por computador. Algunas ventajas del sistema son las siguientes: Permite el aprendizaje de forma remota; se realiza el control de un dispositivo real; los estudiantes no necesitan seguir una planificación horaria rígida, pudiendo realizar las prácticas cuantas veces desee o cuando tenga asimilado los conceptos teóricos; el sistema está disponible para el alumno las 24 horas del día; el alumno puede contrastar sus conocimientos mediante la auto-evaluación. El sistema ha sido usado durante los cinco últimos años por diversas Universidades Españolas y Latinoamericanas.

Los autores desean agradecer a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, a la Sociedad de Amigos de la Escuela y a la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial la ayuda prestada en el desarrollo del sistema Títtere.

## Referencias

1. D. Gillet, H.A. Latchman, Ch. Salzmann, and O.D. Crisalle, "Hands-On Laboratory Experiments in Flexible and Distance Learning," *Journal of Engineering Education*, pp. 187-191, Apr. 2001.
2. H.A. Latchman, Ch. Salzmann, D. Gillet, and J. Kim, "Information Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education," *IEEE Transactions on Education*, vol. 42, pp. 247-254, Nov. 1999
3. S.E. Poindexter, and B.S. Heck, "Using the Web in Your Courses: What Can you Do? What Should You Do?" *IEEE Control System*, pp. 83-92, Feb. 1999.
4. C. Shmid, T.I. Eikaas, B. Foss, and D. Gillet, "A Remote Laboratory Experimentation Network," *1st IFAC Conference on Telematics Applications in Automation and Robotics*, Weingarten, Germany, Jul. 2001.
5. P. Antsaklis, T. Basar, R. Decarlo, N. Harris, M. Clamroch, M. Spong, and S. Yurkovich, "Report on the NSF/CSS Workshop on New Directions in Control Engineering Education," *IEEE Control System*, PP. 53-58, Oct. 1999.
6. J.M. Sebastián, D. García, and F.M. Sánchez "Remote Access Education Based on Image Acquisition and Processing through the Internet". *IEEE Transactions on Education*, vol. 46, pp. 142-148, Dec. 2003
7. P.F. Whelan, and D. Molloy, *Machine Vision Algorithms in Java*, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2001.