

# Prototipo para robotizar microscopio para países en vía de desarrollo

C. Vargas, E. Romero

Grupo de investigación Bioingenium, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, {cavargasp, edromero}@unal.edu.co

## Resumen

*El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema que permita el control robotizado a distancia de un microscopio óptico convencional para aplicaciones en telepatología. El sistema diseñado se integra de forma externa a cualquier tipo de microscopio, con lo cual se puede adaptar fácilmente y controlar la platina en sus movimientos convencionales. El prototipo desarrollado es modular, fácil de transportar y de ajustar a cualquier microscopio. La precisión del sistema es de 0.25  $\mu\text{m}$ , lo cual se considera aceptable para aplicaciones de microscopía óptica.*

## 1. Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías médicas en la última década han venido transformado la manera de almacenar información médica, al incluir dispositivos modernos que mejoran la captura haciéndola más rápida, confiable y a un costo mucho menor. Las imágenes médicas se caracterizan por la enorme cantidad de información y su variabilidad: radiografías, ecografías, MRI, TAC o imágenes microscópicas que se utilizan actualmente en la rutina clínica diaria.

Los laboratorios de patología han comenzado a utilizar herramientas como los microscopios virtuales en el flujo de trabajo diario. Un microscopio virtual es un sistema que emula un microscopio óptico convencional y cuyo objetivo es la visualización y el despliegue de diferentes regiones de una placa virtual comprimida en un computador o dispositivo de visualización. Estos microscopios empiezan a estar disponibles como productos comerciales, en diferentes versiones. Las placas virtuales se comienzan a almacenar en servidores que permiten, por ejemplo, implementar diferentes técnicas computacionales para reconocimiento y conteo de organismos microscópicos. Estas herramientas comienzan a cambiar los protocolos modernos de enseñanza y entrenamiento de especialistas. El control automático en estas tareas resulta fundamental, ya sea para generar estas placas virtuales, compuestas de cientos de miles de campos microscópicos, o para controlar estos dispositivos a distancia con el fin de realizar tareas diagnósticas cuando el especialista no tiene la posibilidad del contacto directo con la placa física. En cualquiera de los dos escenarios, el proceso de captura de estos campos microscópicos es una tarea repetitiva, que necesita experiencia y precisión.

La técnicas de automatización del movimiento en tres ejes en microscopios de uso general permiten capturar y manejar grandes imágenes. Estos dispositivos, hechos a la medida de un fabricante en particular, no se pueden adaptar a los diferentes modelos de microscopios con los cuales se cuenta en un laboratorio de histopatología y esto obviamente limita su uso a la microscopía óptica. Aún más, un dispositivo tan costoso se convierte en un obstáculo real para el desarrollo de redes de telepatología, fundamentales en el manejo de algunas patología de base como el cáncer del cuello uterino.

El principal objetivo de este trabajo ha sido diseñar, desarrollar e implementar un dispositivo externo, fácilmente adaptable a cualquier tipo de microscopio y que permita automatizar el proceso de captura de un microscopio.

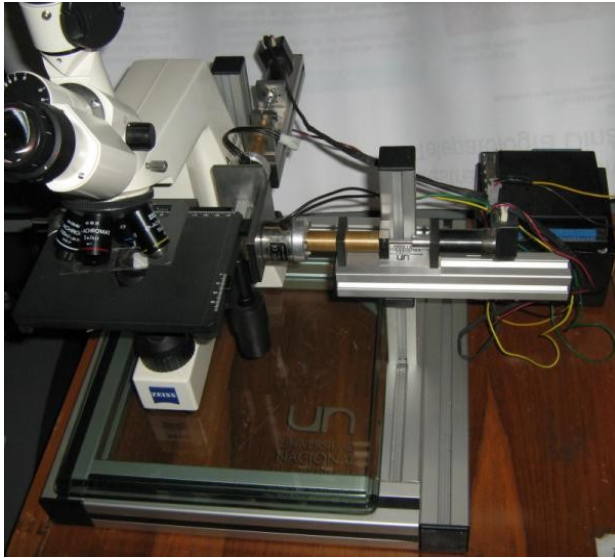
## 2. Metodología y resultados

### 2.1. Mecanismo

Este diseño ha sido adaptado a un microscopio óptico triocular convencional (CARL ZEISS Axiostar plus), pero puede ser fácilmente adaptable a cualquier otro microscopio óptico (NIKON E600 TE300, OLYMPUS BX41 BX51). El sistema mecánico está compuesto por una base y dos actuadores mecánicos.

El microscopio y los actuadores mecánicos se ubican sobre la base del sistema, tal y como se muestra en la Figura 1. La base, fabricada en perfil de aluminio de marca Rexroth (Rexroth, Bosch Group), sirve de soporte de un vidrio de 20mm, sobre el cual se ubica el microscopio, tal y como se ilustra en la misma figura. El microscopio se ubica sobre el vidrio, mientras que sobre los dos lados adyacentes se ubican dos postes ajustados con tornillos. Estos dos postes (ver Figura 1) sostienen los dos actuadores lineales, pero además permiten ajustar la posición de los actuadores a la geometría del microscopio. Una vez este esqueleto está armado y articulado con el microscopio, los actuadores se fijan con dos tornillos que permiten ajustar la posición. Los actuadores para los dos ejes son sistemas que usan el mismo principio. Los actuadores deben funcionar de manera adecuada con cualquier tipo de microscopio. Estos actuadores se mueven impulsados por un motor DC que genera el movimiento en los actuadores, con el fin de lograr alta velocidad y precisión en los movimientos de la platina del

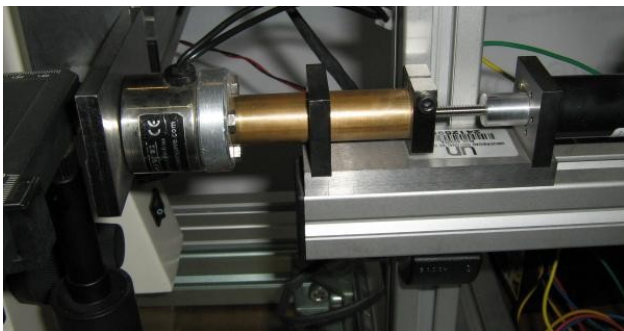
microscopio. Se seleccionó un motor de 12V , 9000rpm y de 91.4mNm (mili newton metro) por cuanto sus propiedades electromecánicas permiten un sistema con tiempo de respuesta pequeño y robusto a diferentes fuentes de perturbación como por ejemplo el uso de diferentes microscopios. El motor viene provisto con un encoder de doble cuadratura que permite tener una resolución de 4096 posiciones por vuelta y conocer el sentido de giro.



*Figura 1. Base y Actuadores*

El motor se acopla con un tornillo de bolas recirculantes, que funciona como transductor mecánico al convertir movimiento rotacional en movimiento lineal, tal y como se ilustra en la Figura 2.

En un extremo del émbolo se fijan las tuercas del tornillo de bolas. El émbolo se fabrica en bronce fosforado por las propiedades auto lubricantes de este material, con lo cual se reduce la fricción mecánica. En el otro extremo del émbolo se coloca un electroimán (Figura 3) que finalmente es quien realiza todas las acciones sobre la platina del microscopio. Cuando el electroimán se prende, permite que el actuador lineal se fije a la platina realizando un movimiento lineal de forma activa en alguna dirección particular. La platina se libera cuando el electroimán está apagado, caso en el cual se realizan movimientos pasivos de la platina en la dirección opuesta. Finalmente, todas las piezas se montan sobre una estructura en acero inoxidable, tal y como se observa en la Figura 2.



*Figura 2. Actuador*

## 2.2. Electrónica

Para el control de los motores se utiliza un sistema embebido QWERK (trademark) desarrollado en la Universidad Carnegie Mellon como herramienta educativa para las prácticas de robótica. Este sistema viene provisto con todos los dispositivos necesarios para comunicación y conexión de los motores. El sistema embebido está compuesto básicamente de un procesador Cirrus Logic EP9302, memoria RAM y ROM, lo cual lo convierte en un minicomputador con capacidad para correr un sistema operativo que permita el uso eficiente del procesador y de los periféricos. El procesador tiene una arquitectura ARM y un reloj de 200MHz, velocidad suficiente para implementar un controlador digital. Por otra parte, entre los módulos disponibles en el sistema embebido hay cuatro salidas de PWM, con potencia suficiente para alimentar los motores del actuador, cuatro contadores absolutos de encoders de doble cuadratura, permitiendo aprovechar completamente las características de los motores.



*Figura 3. Acople del microscopio con los electroimanes*

## 2.3. Control y Comunicación

Se implementó un controlador digital de lazo cerrado tipo PD en lenguaje C++. El aplicativo desarrollado permite comunicarse con el sistema embebido usando TCP/IP por un puerto ethernet. El protocolo de comunicaciones con el dispositivo consiste de una trama de datos sencilla y fácil de implementar, tal y como se ilustra en la figura... El aplicativo está construido con dos hilos, el hilo de control, que tiene mayor prioridad con el procesador, y el hilo de comunicaciones.

Las constantes del controlador se calcularon de forma experimental, con una búsqueda exhaustiva de los mejores parámetros de control para el microscopio. El controlador funciona con una señal de control saturada, haciendo que el motor se mueva a la mayor velocidad posible y con el menor número de oscilaciones. Este controlador fue diseñado para utilizar la máxima fuerza

posible del motor, con lo cual el sistema minimiza la influencia de cualquier perturbación externa.

#### **2.4. Captura del video**

Las imágenes son capturadas usando una cámara con salida de video digital IEEE1394. Con las librerías libraw1394, libdc, libavc1394, libiec61883 de linux y JNI (Java Native Interface) se construyó una nueva librería que permite gestionar el video transmitido por la cámara desde una aplicación JAVA. La interfaz de usuario permite tomar fotos individuales o tomar fotos de la muestra del microscopio en forma de grilla de manera automática o siguiendo cualquier patrón que el usuario escoja.

#### **2.5. Aplicaciones**

El sistema ha sido utilizado en una red de telepatología real, como parte del proyecto “Sistema de Telepatología Dinámica para la Evaluación de Muestras de Patología Anatómica en Sitios Distantes sobre la Red Académica de Tecnología Avanzada (RENATA)”, también ha sido utilizado como herramienta del laboratorio del grupo de investigación Bioingenium de la Universidad Nacional de Colombia para la captura de las fotografías de muestras para la posterior construcción de megaimágenes.

### **3. Conclusiones**

El sistema de manipulación automática de un microscopio es fácil de implementar y flexible en el cambio de algunos componentes. El sistema es escalable y articulable con

diferentes flujos de trabajo de los laboratorios de patología.

El diseño del sistema permite adaptarlos fácilmente a cualquier marca y modelo de microscopio convencional. La flexibilidad del diseño hacen que se pueda usar componentes de bajo costo. Para el caso del prototipo presentado, el costo total de los componentes es de 5mil dolares, pero en condición de fabricación en serie esto puede ser mucho menor.

### **Agradecimientos**

Este proyecto ha sido parcialmente financiado por la convocatoria 487/09 de Colciencias.

### **Referencias**

- [1] U. B. Catalyurek. The virtual microscope. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, 7:230–248, 2003.
- [2] S. Z. A. David M. Steinberg. Application of virtual microscopy in clinical cytopathology. Diagnostic Cytopathology, 25:389–396, 2001.
- [3] M. Endo. Recent progress in medical imaging technology. Systems and Computers in Japan, 36:1–17, 2005.
- [4] T. Morris. Medical informatics: Market for is/it. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 39:35–43, 2002.
- [5] T. L. Tonya Harris. Comparison of a virtual microscope laboratory to a regular microscope laboratory for teaching histology. THE ANATOMICAL RECORD, 265:10–14, 2001.