

Desarrollo de una herramienta software para el control de un sistema de fenotipado basado en visión artificial

F. Pérez Sanz^{1,2}, J. Weiss¹, M. Egea-Cortines¹ y P.J. Navarro.²

¹ Instituto de Biotecnología Vegetal, Genética Molecular. Edif. I+D+i, Campus Muralla del Mar, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202, Cartagena, Murcia. E-mail: fernando.perez8@um.es

² DSIE, Campus Muralla del Mar, Universidad Politécnica de Cartagena, 30202, Cartagena, Murcia. E-Mail: pedroj.navarro@upct.es

RESUMEN

Los sistemas basados en visión artificial permiten automatizar el proceso de fenotipado de los sistemas biológicos. Estos sistemas permiten capturar grandes cantidades de datos de forma rápida y con un bajo coste asociado. En este artículo se presenta una herramienta software flexible para el fenotipado basada en visión artificial. La herramienta permite un control total de los parámetros del experimento: días de experimento, horas día/noche, permite la utilización de diferentes tipos de cámaras, etc. La herramienta ha sido programada en C++ lo que ha permitido integrar y ejecutar diferentes algoritmos de procesamiento de imagen de distintas librerías como OPENCV y MIL.

Palabras clave: Visión artificial, cronobiología, fenomica, cinética crecimiento

Development of software tool to control a artificial vision-based phenotyping system

ABSTRACT Computer vision systems allow to automate the process of obtaining phenotypic features in plants. These systems produce large amounts of data in a quick fashion and with a low associated cost. In this work we present a flexible software tool for phenotyping analysis based on computer vision. The tool allows a total management of the experiment parameters such as experiment time, hours of nighttime and daytime periods or use of different cameras with time of image acquisition. The system has been programmed in C++ allowing it to be applied in different computer environments, using different computer vision algorithms to perform image processing.

Keywords: Artificial vision, circadian clock, phenomics, growth kinetics

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de las técnicas de fenotipado basado en visión artificial, es la obtención de datos fisiológicos, de crecimiento y desarrollo u otras propiedades fenotípicas de la planta a través de un proceso automatizado (Fahlgren et al., 2015).

La visión artificial es un área de investigación muy activa en otros campos como el diagnóstico médico, la industria, o la teledetección entre otros (Deligiannidis & Arabnia, 2014), y muchas de sus técnicas de procesamiento y análisis de imágenes pueden ser aplicadas al fenotipado de plantas.

En los últimos años, se han desarrollado numerosos sistemas de fenotipado (Aboelela et al., 2005; Barron & Liptay, 1997; Navarro et al., 2012; Nguyen et al., 2015), cuyo factor limitante radica principalmente en el manejo de la enorme cantidad de datos generados (Tindall et al., 2015).

Con el fin de controlar y configurar nuestro sistema de fenotipado basado en visión artificial, hemos desarrollado un software con interfaz gráfica que nos permite diseñar y poner en funcionamiento diferentes tipos de experimentos, variando ciclos de iluminación, tiempos de captura o parámetros de la imagen, de manera que podemos realizar periodos variables de grabación sin necesidad de supervisión. Así mismo hemos desarrollado una serie de *scripts* escritos en *Visual C++* con el fin de automatizar gran parte del procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de fenotipado basado en visión artificial desarrollado, está constituido por una cámara de tipo industrial modelo JAI AD-130 con dos CCDs (RGB e infrarrojo), sistema de iluminación de dos elementos (LED diurno y LED infrarrojo), PC-Industrial y tarjeta USB GPIO. Este equipo es controlado mediante el software desarrollado con interfaz gráfica de usuario (GUI).

El software se ha desarrollado en C/C++, puesto que las librerías que proporciona el fabricante de la cámara están escritas en este lenguaje. La interfaz gráfica está basada en la librería de C/C++ GTK. Para su elaboración, se ha empleado el programa GLADE que proporciona un entorno gráfico para el diseño de interfaces. Dicho programa genera un fichero XML con la descripción de los elementos que constituyen la interfaz. Posteriormente, a través de las funciones de la librería GTK y GLIB se ha dotado de funcionalidad a los elementos.

Los parámetros de la cámara a los que se tiene acceso para su configuración y control son: ajuste de la ganancia (*Gain Raw*), ajuste de los canales RGB, ajuste la velocidad de obturación y auto-balance de blancos. Por otro lado, se puede seleccionar el sensor a utilizar en cada momento y los intervalos de disparo de la cámara desde 1 disparo cada 10 segundos a 1 cada 24 horas. Permitiendo a su vez programar día de comienzo y fin de la grabación, así como el horario de los ciclos de grabación día/noche, desde luz continua, noche continua, o intervalos de día/noche de diferente duración.

Finalmente es posible obtener en formato CSV y formato JSON todos los parámetros del sistema. Esto permite realizar diferentes grabaciones en las mismas condiciones.

La comunicación con la tarjeta GPIO ha sido implementada empleando la librería *termios* incluida en el núcleo de *GNU/Linux*. Esta librería permite mediante protocolos de comunicación serie, el envío de órdenes a los diferentes canales de la tarjeta a través del

puerto USB. Ésta, a su vez, actúa sobre una placa de relés cuya misión es activar o desactivar de forma individual los elementos del sistema de iluminación (Figura 1).

Se ha obtenido varios miles de imágenes RGB procedentes del sensor visible e imágenes escala de grises del sensor de infrarrojo, que han sido analizadas de forma semiautomática empleando para ello las librerías *MIL* (Matrox Imaging Library V9), un software comercial que posibilita la programación de secuencias de acciones (*script*) sobre las imágenes para automatizar procesos. De esta forma, se han escrito varios script para la importación, segmentación, identificación de los elementos de interés dentro de la imagen y extracción de la información (centro de gravedad, longitud, área, ángulo respecto a la horizontal) de los órganos de estudio seleccionados en la planta, para su posterior análisis estadístico (Figura 2). El sistema se ha probado con diferentes especies (principalmente del género *Antirrhinum sp.* y *Petunia sp.*) así como diferentes líneas genéticas (*Petunia x hybrida* Ph RNAiZTL, *Antirrhinum majus* L. subsp. *majus* LHY RNAi, WT).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los sistemas de fenotipado basados en visión artificial, pueden ser muy efectivos para la búsqueda de patrones de comportamiento cíclico en plantas, sin embargo para que sean realmente efectivos, es necesario disponer de un software que permita controlar los parámetros de interés del sistema así como la configuración de forma flexible e intuitiva de dicho sistema.

En este sentido, el software que hemos desarrollado, permite tener total control sobre el sistema. Al estar desarrollado en C/C++ facilita la integración de hardware propietario. Además es fácilmente extensible pudiendo incluir nuevas funcionalidades como control de temperatura, o envío/recepción de información desde equipos informáticos externos.

Finalmente, el desarrollo de *scripts* de *Visual C++* con las funciones de procesamiento de imágenes de la *MIL* nos han permitido automatizar el análisis de miles de imágenes, que de otra forma habría resultado un proceso con un coste de tiempo muy elevado.

El sistema se ha desarrollado en estos momentos con fines científicos, con un coste aproximado de 6.000 €. Los datos obtenidos, sin embargo, serían imposibles obtener manualmente, por lo que creemos que podrá dar lugar a prototipos industriales.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo realizado se enmarca dentro de los proyectos MICINN BFU-2013-45148-R y ViSel-TR(TIN2012-39279).

REFERENCIAS

- Aboelela, A., Liptay, A., & Barron, J. L. 2005. Plant Growth Measurement Techniques using Near Infrared Imagery. *International Journal of Robotics and Automation*, 20(1).
- Barron, J., & Liptay, A. 1997. Measuring 3-D plant growth using optical flow. *Bioimaging*, (pp. 1–10).
- Deligiannidis, L., & Arabnia, H. 2014. *Emerging Trends in Image Processing, Computer Vision and Pattern Recognition*. Morgan Kaufmann.

- Fahlgren, N., Gehan, M. a., & Baxter, I. 2015. Lights, camera, action: high-throughput plant phenotyping is ready for a close-up. *Current Opinion in Plant Biology*, 24, 93–99.
- Navarro, P. J., Fernández, C., Weiss, J., & Egea-Cortines, M. 2012. Development of a configurable growth chamber with a computer vision system to study circadian rhythm in plants. *Sensors (Switzerland)*, 12(11), 15356–15375.
- Nguyen, T., Slaughter, D., Max, N., Maloof, J., & Sinha, N. 2015. Structured Light-Based 3D Reconstruction System for Plants. *Sensors*, 15(8), 18587–18612.
- Tindall, A. J., Waller, J., Greenwood, M., Gould, P. D., Hartwell, J., & Hall, A. 2015. A comparison of high-throughput techniques for assaying circadian rhythms in plants. *Plant Methods*, 11(1), 32.

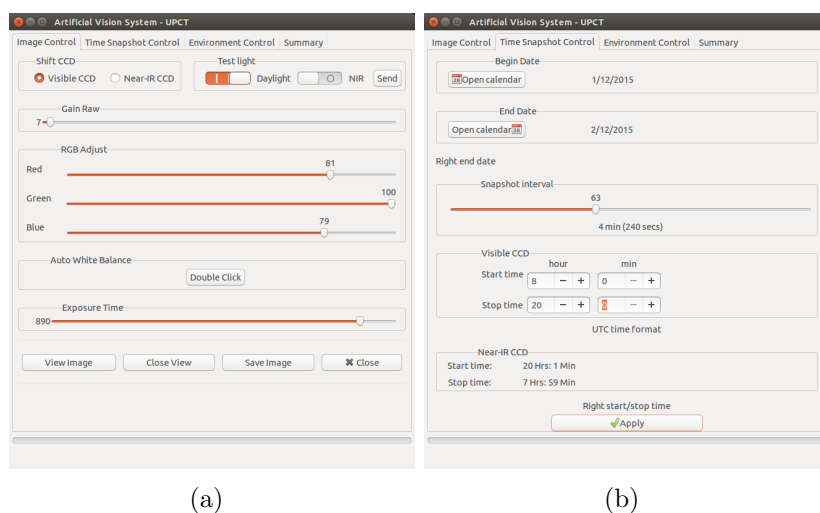


Figura 1: Interfaz desarrollada.

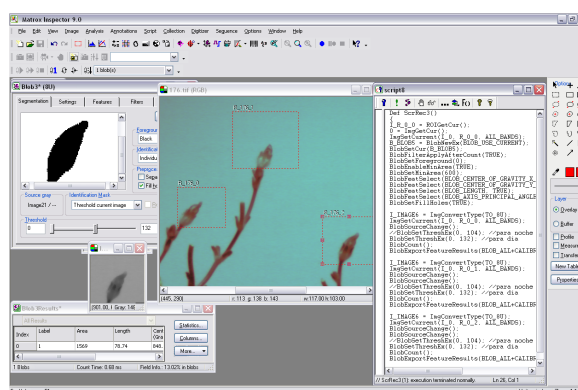


Figura 2: Software Matrox con script en ejecución