

Cloud computing management in lysimetric stations with automatic supervision of digital images

J.M. González-Esquiva⁽¹⁾, J.A. Vera-Repullo⁽²⁾, L. Ruiz-Peñalver⁽¹⁾,
M. Jiménez-Buendía⁽²⁾, J.M. Molina-Martínez⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo I+D+i Ingeniería Agromótica y del Mar. DIAEA. Área de Ingeniería Agroforestal. ETSIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia). jm.gonzalez@telenaturaebt.es

⁽²⁾ Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad Politécnica de Cartagena, 30203 Cartagena (Murcia)

Resumen

Con el avance de la tecnología han ido desarrollándose diferentes aplicaciones para el control y gestión de riego, desde los robustos dataloggers a los avanzados cRIO, permitiendo incluso por medio de módulos de comunicación y/o servidores web embebidos la visualización de los datos para ser visualizado por los usuarios. Como inconveniente presentan la utilización de diferentes lenguajes de programación y normas de funcionamiento que dificulta la integración de los diferentes sistemas de riego, el consumo de ancho de banda disponible y la limitación de memoria. Por medio de la presente investigación se ha realizado una novedosa aplicación PHP capaz de importar diferentes datos desde dataloggers y/o cRIO de forma autónoma, al utilizar protocolos estándar de comunicación (XML, JSON, CSV), además de incorporar un módulo para obtener de forma desatendida y automática la cobertura vegetal a partir de una fotografía digital. La aplicación está integrada en un sistema cloud computing que procesa los datos, pudiendo calcular las necesidades hídricas del cultivo utilizando algoritmos matemáticos, almacenar los datos para ser monitorizados y visualizados por cualquier dispositivo con navegador de Internet o exportarlos a un sistema de control de riego, por medio de protocolos estándar de comunicación.

Palabras clave: PHP; gestión de riego; segmentación.

Abstract

With the technological advances, different applications for irrigation control and management have been developed. From the robust dataloggers to the advanced cRIO, the user data display is allowed by these devices by means of communication modules and/or embedded Web servers. The disadvantage of these devices is the use of different programming languages and functioning standards. This is a difficulty because of the integration of different irrigation systems, the available bandwidth consumption and the limitation of the memory. By means of the current development a novel PHP application is presented. This application is capable of import different data from dataloggers and/or cRIO with autonomous ways. This is due to the use of standard communication protocols (XML, JSON, CSV). Moreover a module for obtaining the vegetal coverture by means of an unattended and automatic way from a digital photography is incorporated. The application is integrated in a cloud computing system that processes the data. The crop water needs can be calculated using mathematical algorithms. Data can be collected to be monitored and visualised by any device with Internet browser. Additionally, data can be exported to irrigation management systems by means of communication standard protocols.

Keywords: PHP; irrigation management; segmentation.

1. Introducción

En los últimos años se ha producido un gran avance en las comunicaciones vía internet, siendo cada vez más habitual aplicaciones capaces de funcionar de forma remota en la comúnmente llamada nube [1], realizando operaciones cada vez más complejas y posibilitando almacenar nuestros datos en la nube de cualquier dispositivo conectado en la red.

En la actualidad los dataloggers almacenan los datos y comparten la información por medio de módulos de conexión remota, pero con el inconveniente de no poder hacer configuraciones complejas de gestión.

Con el empleo de aplicaciones SCADA embebidas en controladores compactos como el cRIO, tenemos la opción de configurar todo el proceso de gestión, visualización y supervisión de los datos in situ[2], [3], aunque este tipo de configuración requiere un gran consumo de datos. En estos casos, las aplicaciones generan un

elevado tráfico de datos, siendo necesaria una conexión wifi dentro de la finca y del empleo de internet explorer con módulo o alojar el SCADA en un servidor externo que importe los datos.

Para realizar el cálculo de las necesidades hídricas de un cultivo se requiere conocer la evapotranspiración real del cultivo (ET_c) pudiéndose obtener con lisímetros de pesadas, al establecer el balance hídrico entre el agua suministrada (riego y lluvia) y el agua drenada en una unidad de tiempo[4]. Estos datos también pueden ser calculados aplicando técnicas de fotografía digital pero con el inconveniente de que se deben ajustar las ecuaciones para cada zona, ciclo y tipo de cultivo [5]. A pesar de estas limitaciones, se puso de manifiesto el interés por tener una supervisión visual remota del estado del cultivo, en continuo, que permitiera estudiar la evolución del crecimiento del cultivo y ayudar en la gestión adecuada del mismo.

En este artículo se presenta el desarrollo de un software ejecutado en un sistema cloud computing, para su empleo comercial en explotaciones hortícolas.

La aplicación es capaz de medir, almacenar, monitorizar y gestionar el riego de cultivos hortícolas con total exactitud, y en tiempo real, a partir del balance hídrico obtenido mediante lisimetría de pesada, contrastando los valores con los obtenidos mediante la utilización de cámaras digitales de forma autónoma.

2. Materiales y Métodos

2.1 Servidor Web en hosting.

Para la realización del software se ha dispuesto de un servidor donde se ha instalado un sistema LAMP [6], (Linux, Apache, MySQL y PHP) y un servidor de hosting LAMP económico implementado con el mismo software.

Se ha empleado un módulo en PHP con la librería CURL (Curl Corporation, 2008) alojado en los servidores, capaz de gestionar datos de entrada en JSON (JavaScript Object Notation) [7] y ser leído por cualquier lenguaje de programación, permitiendo el intercambio de información entre distintas tecnologías.

2.2 Estación de lisimetría.

Los datos utilizados durante el ensayo y evaluación de la plataforma de gestión del riego en la nube mediante lisimetría de pesada, fueron obtenidos de la Estación de Lisimetría ubicada en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, que

dispone de varios lisímetros cuyos datos son recogidos con un datalogger modelo CR1000 (Campbell Scientific) y un controlador compacto tipo cRIO compacto 9076 (cRIO-9076, National Instruments) [8]. En ambos equipos se implementó una rutina de salida en JSON con los valores de los cuatro sensores de las células de carga, fecha y hora, nº lisímetro. El envío de datos se realizó, en tiempo real, a través de gprs/3G/4G y Ethernet.

2.3 Gestión fotográfica

Se ha desarrollado un módulo realizado en PHP con librerías Imagick, que almacena y cuantifica la cobertura vegetal de forma desatendida y automática. Tras recibir la fotografía digital, el sistema encuadra la foto y tras aplicar un algoritmo basado en una segmentación por histograma y Fuzzy C-Means[9], siguiendo los siguientes pasos(Fig. 1).

Paso1. Corrección de la imagen, aplicando una transformación para corregir la distorsión por ángulo de visión o lente.

Paso 2. Transformación de colores a un espacio de colores RGB 256 y reducción de tamaño a una escala prefijada.

Paso 3. Construcción de un histograma, uno para cada componente de color de la imagen. Para cada histograma, aplicación sucesiva del filtro de espacio-escala y construcción de un árbol de intervalo de cruces por cero en la segunda derivada en cada escala. Análisis del espacio-escala para determinar qué picos o valles del histograma son más predominantes, de esta forma se determinarán los intervalos principales.

Paso 4. Cálculo de las clases con intervalos en cada componente de color, asignando los píxeles a cada clase única si se encuentra dentro de los intervalos estipulados, etiquetándose como “clasificado” en el caso afirmativo, asignándole un número de clase única.

Paso 5. A los grupos de píxeles de un tamaño mayor a un parámetro predefinido que no han podido ser clasificados por el proceso anterior, serán asignados a una clase por medio de la técnica FCM. El objetivo es encontrar patrones o grupos en un determinado conjunto de datos, que permitan asociar los píxeles no clasificados con la clase más afín.

Paso 6. Conversión a formato bicolor, determinándose los elementos estructurantes principales que incluyen los grupos que estén

relacionados con el cultivo y los que están relacionados con el color de fondo correspondiente a la tierra.

Paso 7. Erosión y dilatación. [10]. A partir de los elementos estructurantes principales, se eliminan por erosión aquellos grupos de píxeles que estén fuera de los objetos y se incluyen por dilatación aquellos píxeles que se encuentren en el interior de los objetos.

Paso 8. Se enumeran los píxeles correspondientes de vegetación entre el número total de píxeles, obteniéndose así el factor de cobertura.

3. Resultados y Discusión

3.1 Transmisión de datos.

Al realizar un volcado remoto de los datos del datalogger, 8700 registros en un tiempo total de 7 minutos, con un tiempo medio de 5 centésimas de segundo por registro por medio de una conexión 3G.

3.2 Reconocimiento de fotografías.

Se procedió a enviar al sistema 116 fotografías de baja resolución (200x200 píxeles) (50-60 kb) correspondientes a cuatro parcelas, obteniéndose la evolución de la cobertura vegetal con un error máximo del 3% respecto a los datos obtenidos de forma manual, con un tiempo de computación por fotografía comprendido entre 0,6 y 0,7 segundos.

3.3 Monitorización y visualización de datos.

Se ha realizado una interface sencilla donde se pueden apreciar los diferentes datos y resultados, siendo accesible desde cualquier dispositivo con navegador con internet. (Fig. 3, Fig. 4).

4. Conclusiones

Al instalar el sistema en la nube, con un pequeño consumo de datos por parte del sistema de gestión de la finca y el servidor, y al utilizar protocolos estándar de comunicación, JSON, se ha conseguido reducir el tráfico de datos, respecto al SCADA de gestión del riego embebido en el controlador compacto a través de conexión 3G,

Al estar programado en PHP. Se ha podido integrar los algoritmos para el reconocimiento de imágenes digitales, pudiéndose incorporarse los datos tanto de forma manual como programada.

5. Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo gracias al apoyo del Grupo I+D+i Ingeniería Agromótica y del Mar de la Universidad Politécnica de Cartagena. Asimismo, agradecemos a la empresa TeleNatura EBT por su colaboración.

6. Referencias bibliográficas

- [1]Keahey K., Figueiredo R., Fortes J., Freeman T., Tsugawa M. 2008. Science Clouds: Early Experiences in Cloud Computing for Scientific Applications. *Cloud computing and applications*. 825–830.
- [2]Vera-Repullo J. A., Ruiz-Peñalver L., Jiménez-Buendía, M., Rosillo J. J., Molina-Martínez J. M..2014.Software for the automatic control of irrigation using weighing-drainage lysimeters. *Agric. Water Manag.* 151:4–12.
- [3]Jiménez-Buendía M., Ruiz-Peñalver L., Vera-Repullo J.A., Intrigliolo-Molina D.S., Molina-Martínez J.M. 2014. Development and assessment of a network of water meters and rain gauges for determining the water balance. New SCADA monitoring software. *Agric. Water Manag.* 151:93-102.
- [4] López-Urrea R., Montoro A., Mañas F., López-Fuster P., Fereres E. 2012. Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature 'Tempranillo' wine grapes. *Agric. Water Manag.* 112: 13–20.
- [5] Escarabajal-Henarejos D., Molina-Martínez J. M., Fernández-Pacheco D. G., Cavas-Martínez F., García-Mateos G. 2015. Digital photography applied to irrigation management of Little Gem lettuce. *Agric. Water Manag.*, 151: 148–157.
- [6] Ramana U. V., Prabhakar T. V. 2005. Some experiments with the performance of LAMP architecture. En: *The Fifth International Conference on Computer and Information Technology (CIT'05)*. 916–920.
- [7] Bray T. 2014.The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format.
- [8] Ruiz-Peñalver L., Vera-Repullo J. A., Jiménez-Buendía M., Guzmán I., Molina-Martínez J. M. 2015. Development of an innovative low cost weighing lysimeter for potted plants: Application in lysimetric stations. *Agric. Water Manag.* 151:103–113.
- [9] Bezdek J.C., Ehrlich R., Full W. 1984. FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*. 10:191–203.
- [10] Pérez C.M., Padilla D.C. 2014, Segmentación automática en imágenes RGB aplicando la técnica Fuzzy C-means de la morfología matemática para

la ayuda de la fotoidentificación de cetáceos. Computing Science. 74:131-142.

vegetal Fc(%) obtenida con una edición manual y por otra parte utilizando la Edición Automática

Tablas y Figuras

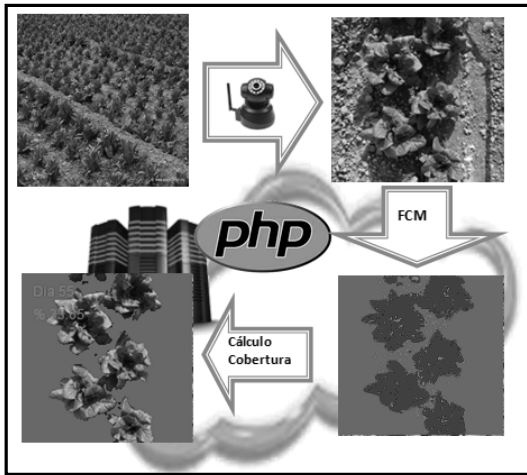


Figura 1. Proceso de segmentación y obtención de cobertura vegetal a partir de una imagen digital

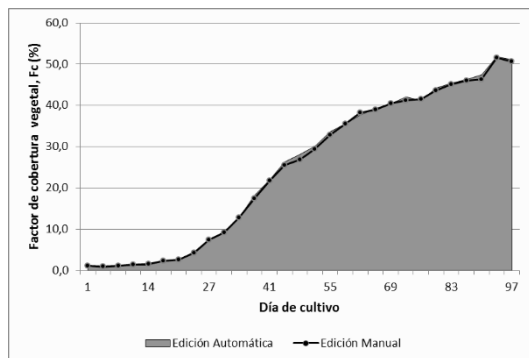


Figura 2. Gráficas que muestran la evolución (días de cultivo) de la fracción de cobertura

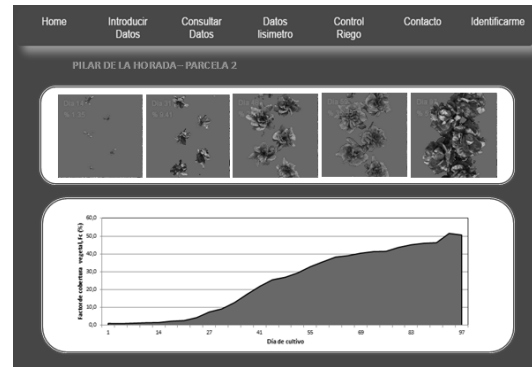


Figura 3. Captura de pantalla que muestra las imágenes procesadas y un gráfico con la evolución de la cobertura vegetal.

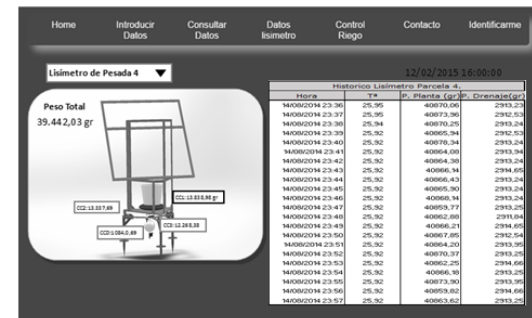


Figura 4. Pantalla que muestra adquisición de datos de las células de carga del lisímetro y una tabla con el registro histórico de datos.