

Desarrollo de un Sistema de Iluminación Artificial Inteligente para Cultivos Protegidos

Basil Mohammed Al-Hadithi^{a,b}, Cecilia E. García Cena^{a,b}, Raquel Cedazo León^a, Carlos Loor Loor^a

^aEscuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Física Aplicada. Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ronda de Valencia, 3 28012. Madrid. España.

^bCentro de Automática y Robótica. Universidad Politécnica de Madrid-CSIC-UPM, C/José Gutiérrez Abascal, n°2, 28006, Madrid, España.

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo hardware y software de un sistema de iluminación artificial para cultivos protegidos. El sistema consta de un conjunto de lámparas, circuitos de control de potencia y un sensor de intensidad lumínica, que junto al software desarrollado en LabVIEW®, permiten llevar a cabo el control sobre la cantidad de energía irradiada durante todo el proceso de cultivo teniendo en consideración la forma en que esta energía se distribuye en cada fotoperiodo. Todo este proceso de control se realiza en un ordenador el cual se comunica con un dispositivo Arduino MEGA que cumple la función de tarjeta de adquisición de datos. Para programar el funcionamiento del sistema de control se diseña una interfaz que facilita al usuario la introducción de parámetros y la visualización de información del funcionamiento del sistema. Además, permite seleccionar la estrategia de control con el que se desea controlar el sistema pudiendo elegir entre un control predictivo o un control PD. Ambos algoritmos hacen uso de un modelo matemático de las lámparas el cual se encarga de transformar las señales generadas por los controladores en señales digitales que gobiernan el funcionamiento de la electrónica implementada. Finalmente, se analizan los resultados experimentales obtenidos en diversas pruebas realizadas haciendo uso de ambos algoritmos de control comparando los beneficios e inconvenientes de cada controlador.

Palabras Clave:

Modelado, control predictivo, controlador PD, herramientas software, interfaces de ordenador.

1. Introducción

Los cambios climáticos causan grandes pérdidas económicas en el sistema tradicional de cultivo, lo cual ha generado un creciente uso de sistemas de cultivo protegidos y el desarrollo de nuevas tecnologías como el uso de lámparas LED (*Light Emitting Diode*) para procesos relacionados a la agricultura tal como muestra en (Wang 2012).

Los sistemas de invernadero presentan la ventaja de permitir controlar el clima interior para optimizar el crecimiento del cultivo protegiéndolos de las inclemencias del tiempo. Sin embargo, el control de estos sistemas es complejo debido, fundamentalmente, a que son procesos físico-químicos multivariantes (Martínez, et al. 2005).

Debido a la gran influencia que tiene en estos procesos las condiciones climatológicas de la región, es estrictamente necesario generar estrategias de control que se adapten a las particularidades del entorno.

La tendencia actual va más allá del sólo hecho de controlar la temperatura y humedad del sistema sino que, por el contrario, se desea controlar tanto el clima interior como aquellas variables

físicas del cultivo, llegando a hacerse un control de crecimiento, plagas, etc.

En cuanto a la energía lumínica necesaria para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, el desarrollo de controladores se ha enfocado en la implementación de iluminación artificial para compensar la luz proveniente del sol, ya sea con el fin de modificar los fotoperiodos para acortar los tiempos de cultivo o simplemente compensar el flujo radiante recibido el cual es atenuado debido a la estructura de los invernaderos (Fernández Díaz 2011).

En (Li 2011) se analiza la relación que existe entre la intensidad de luz a la que es expuesta una planta y su capacidad para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. Los autores analizan cuatro especies diferentes (hojas de soya, arroz, maíz y banabá) y debido a que los resultados de crecimiento han sido similares, proponen una única función de crecimiento en función de la intensidad lumínica.

Esta función está representada por un conjunto de ecuaciones que dividen el estudio en 4 regiones. En la primera de ellas la actividad fotosintética se ve incrementada de manera lineal y crece con gran velocidad, hasta alcanzar una zona (segunda región) en donde las plantas dejan de responder linealmente y sufre un proceso de desaceleración. La tercera región supone una zona donde es alcanzada la capacidad máxima que posee la planta para realizar fotosíntesis por lo cual incrementar la intensidad de

*Autor en correspondencia.

Correos electrónicos: basil@etsii.upm.es (Basil M. Al Hadithi), cecilia.garcia@upm.es (Cecilia E. García Cena), basil.alhadithi@upm.es (Basil M. Al Hadithi)

luz solo supone un gasto energético innecesario, incluso puede llegar a disminuir la capacidad de fotosíntesis de la planta (cuarta región), ya que ésta no puede absorber de manera eficaz la luz recibida debido a un fenómeno denominado estrés por luz intensa (highlight stress).

Otra propiedad de la luz que influye en el proceso de fotosíntesis es la longitud de onda de la fuente empleada. En (Yuanping, et al., 2012) se desarrolla una investigación sobre la influencia de distintas combinaciones de luces LEDs sobre cultivos de fresas, para ello se lleva a cabo cuatro configuraciones de LEDs bajo distintas combinaciones de longitudes de onda y de potencia luminica así como una muestra de control. La investigación dio como resultado que una proporción de cinco LEDs rojos por uno azul fue la mejor combinación, ya que estos colores maximizan la producción de diferentes tipos de clorofila. Sin embargo, el uso de la tecnología LED no genera calor suficiente como lo haría la radiación solar, ésta última guarda estrecha relación junto a otros factores en la temperatura interior del invernadero, tal como expone (Balas 2008), lo cual en parte podría facilitar su control mediante otras fuentes de calor.

El avance de la tecnología ha permitido tener mayor control sobre el funcionamiento de los invernaderos, existen herramientas que permiten simular la cantidad de luz que percibirá la planta en función de las fuentes de luz empleadas y de su ubicación tal como expone (Gerhard, et al., 2009) en su investigación.

En (Guzman et al., 2005) se enfatiza el hecho que la interfaz gráfica facilita la comprensión del modelo del invernadero. Sus autores desarrollaron una interfaz en Matlab-Simulink® que permite visualizar en tiempo real la evolución de las variables del sistema así como el estado de los actuadores con el fin de facilitar el estudio de cultivos de invernaderos.

Es bien sabido que MatLab® es una herramienta potente para el desarrollo e implementación de algoritmos e interfaces de control, sin embargo no es la única. En este sentido, LabVIEW® se presenta como una sólida alternativa a MatLab®. Por citar algún ejemplo, en (Guofang et al., 2010) se muestra un claro ejemplo de las ventajas de su uso, el cual facilita la creación de instrumentación virtual así como el manejo de bases de datos para mantener registro del funcionamiento del sistema de control de un invernadero.

En cuanto a los métodos de control empleados existen diferentes técnicas que van desde simples circuitos de control que conmutan el estado de lámparas en función de las lecturas de los sensores de intensidad luminica (Fernandez Díaz 2011) hasta circuitos más complejos que involucran un algoritmo de control más avanzado como puede ser el control difuso (Huang et al., 2010) para el control de más de una lámpara.

Sin embargo, a pesar de toda la tecnología al servicio, pocos o ningún sistema de control implementado a la fecha presta mayor importancia a la forma de distribución de la energía artificial en cada fotoperiodo.

Es por ello que en este artículo se propone el desarrollo de un sistema de control de iluminación de invernadero que regule la distribución de energía en cada fotoperiodo en forma de una campana gaussiana usando dos metodologías de control: predictiva (Camacho et al., 2004), (Maciejowski 2002), (Mayne, et al. 2000) y (Rawlings et al., 2009) y PD. Se presenta además la interfaz de usuario y control desarrollada bajo LabView como así también el desarrollo hardware del sistema de control basado en componentes comerciales.

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 1 se hace una breve descripción del estado del arte. La

Sección 2 describe el prototipo del invernadero construido y sus sistemas más relevantes (Loor Loor 2013). La Sección 3 describe en detalle el hardware empleado para el sistema de iluminación basado en componentes comerciales, mientras que el software de control se presenta en la Sección 4. En la Sección 5 se describe el modelo matemático y los algoritmos de control implementados, mientras que la Sección 6 presenta los resultados experimentales obtenidos. Finalmente, en la Sección 7, se exponen las conclusiones de este trabajo.

2. Descripción del Prototipo de Laboratorio.

En la Figura 1 se muestra una fotografía del prototipo de invernadero SiGrAL (*Smart Indoor Green house with Artificial Lighting*) construido en el Laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de Universidad Politécnica de Madrid, España. A continuación se realiza una breve descripción del sistema.



Figura 1. Vista frontal del Invernadero SiGrAL (*Smart Indoor Greenhouse with Artificial Lighting*)

2.1 Estructura exterior y cubierta

En el primer prototipo de invernadero del laboratorio se pretende controlar la humedad y la temperatura del clima del mismo para cultivar orquídeas. La cubierta del invernadero es de tereftalato de polietileno conocido comercialmente como Mylar, cuya característica principal es que tiene un alto índice de reflexión y unos pequeños índices de absorción y transmisión por lo que, según el fabricante, refleja hasta un 85% de la luz interior del invernadero.

El sistema de iluminación, es la única fuente de luz y calor interior del invernadero; por lo que es necesario que el material de recubrimiento contribuya a minimizar las pérdidas de calor y el Mylar es el mejor material dada la relación calidad/precio.

El invernadero SiGrAL está construido sobre una estructura de metal de 1780mm×1000mm×500mm, de todo este volumen en la parte inferior se dejó una altura de 100 mm, para el sistema de drenaje del agua del área de cultivo. Además hay un volumen para alojar la tierra de cultivo de 230 mm de alto. Por lo tanto el volumen útil de cultivo se reduce a 1300 mm de alto, por último

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050624>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050624>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)