

Control de un sistema ball and plate mediante PID

Mateo Villegas Estrada
Universidad de caldas
mateovi95@gmail.com

Gilberto Galvis Giraldo
Universidad de Caldas
gigalgi@hotmail.com

Abstract— The use of drivers in the modern world is becoming steadier allowing us to create machines capable of making complex or simple tasks, both effectively generating savings in time and costs, facilitating daily activities or simply applications investigative character, it will display a control technique applied to a ball and plate system. The system presented is the union of two ball and beam, a mechanism that controls the position of the ball on an axis changing the inclination of the plane where this is, knowing this principle the ball and plate performs control of a ball in two planes taking and a system with two degrees of freedom creating an interesting challenge to control. Also the analysis in the motion of the plate in general allows in this case by means of the PID control that the ball is placed in a certain position. The plant consists of two servomotors arranged for each axis X and Y, a camera 30 fps increasing the number of possible analysis in real-time system.

Index Terms— PID, Labview, Matlab, control system, ball and plate, real time, vision system.

I. INTRODUCTION

EL uso de controladores en el mundo moderno es cada vez más constante permitiéndonos crear maquinas capaces de hacer tareas complejas o simples, ambas de una manera eficaz generando un ahorro en tiempo y costos, facilitando actividades cotidianas o simplemente aplicaciones de carácter investigativo, se mostrara una técnica de control aplicada a un sistema ball and plate.

El sistema presentado es la unión de dos ball and beam, mecanismo que controla la posición de la bola en un eje cambiando la inclinación del plano donde esta se encuentra, conociendo este principio el ball and plate realiza el control de una bola en dos planos teniendo así un sistema con dos grados de libertad creando un interesante reto de control. Así mismo el análisis en el movimiento del plato en general permite en este caso por medio del control PID que la bola se sitúe en una posición determinada.

La planta consta de dos servomotores dispuestos para cada eje X y Y, una cámara de 30 fps incrementando la cantidad de análisis posibles en el sistema en tiempo real.

II. CONTROL

A. Modelado de la planta

Para representar el modelo del sistema se recurre a una técnica rápida de modelado, se muestrea el comportamiento del sistema

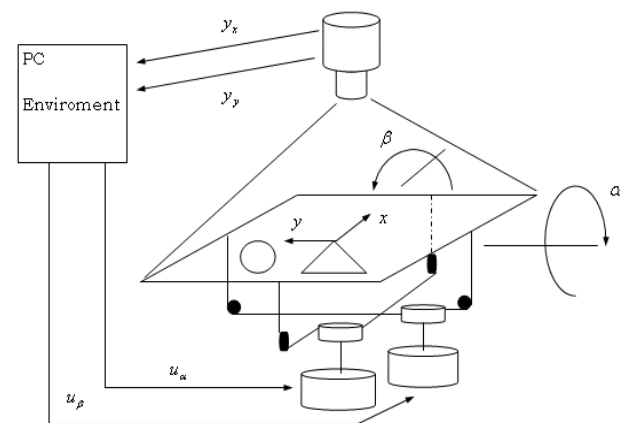


Fig. 1. Diagrama de cuerpo libre.

con un STEP fijo de esta manera se logra observar como hay un cambio en la variable muestreada.

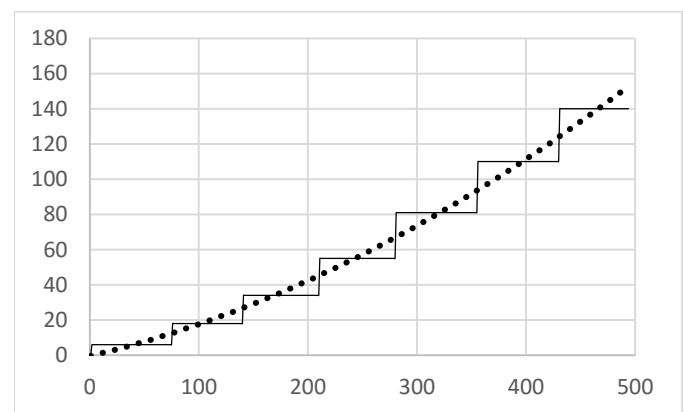


Fig. 2. Muestreo.

Habiendo obtenido el muestreo se ingresan estos datos a MATLAB, con las herramientas que este posee se obtiene su función de transferencia.

$$\frac{-2.667 s^4 + 798.7 s^3 - 9.96 E^4 s^2 + 4.95 E^6 s + 2.5 E^6}{0.079 s^6 + 24.35 s^5 + 3152 s^4 + 1.717 E^5 s^3 + 1.197 E^6 s^2 + 2.668 E^6 s + 1.875 E^6}$$

Conociendo su función de transferencia con la aproximación de Pade se llevan estos datos al PID-Tuning de MATLAB.

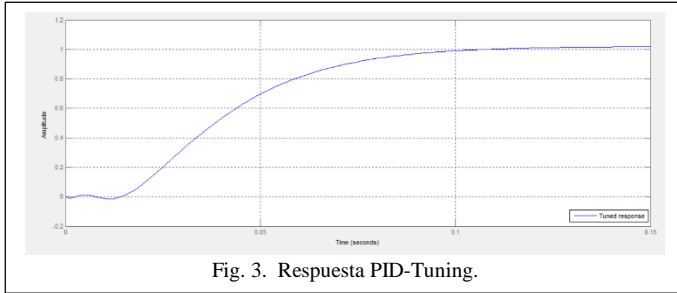


Fig. 3. Respuesta PID-Tuning.

De este se obtuvieron los siguientes parámetros.

TABLA I
PARÁMETROS PID-TUNING

Kp	0.27487
Ti	5.0144
Td	1.2536
Sobrepaso	2%
Tiempo de asentamiento (s)	0.0943

B. Sistema de control

El método de control del sistema consta de tres pasos:

- Captura de datos.
- Procesamiento de datos.
- Control de la planta.

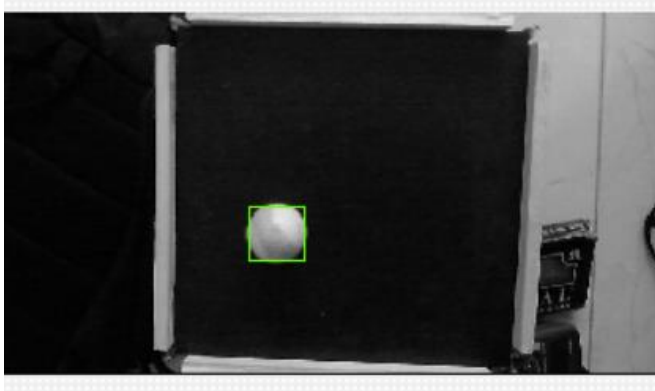


Fig. 4. Captura de datos.

Mediante LABVIEW y la cámara provista para el proyecto se realiza la captura de la posición de la bola. El procesamiento de datos es realizado en LABVIEW aplicándole el PID anteriormente calculado.

El control de la planta es realizado por LABVIEW y arduino, habiendo calculado las variables de salida para el sistema mediante LABVIEW, estas son enviadas a la placa arduino para que incline los servos a los ángulos generados en el control.

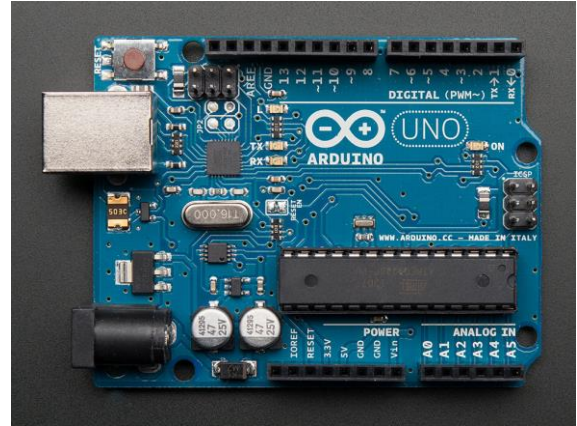


Fig. 5. Arduino Uno.

III. SISTEMA DE VISIÓN

Se muestra el panel frontal de labview y el diagrama de bloques que corresponde al sistema de visión.

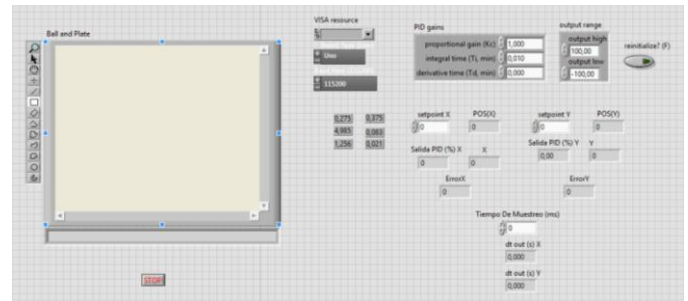


Fig. 6. Panel frontal.

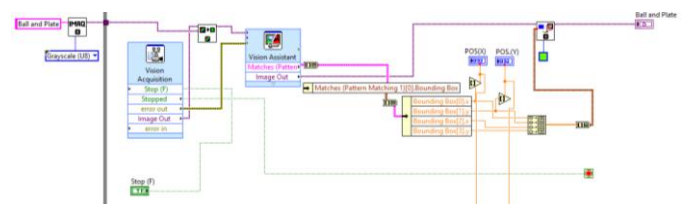


Fig. 7. Diagrama de Bloques Sistema de visión.

A. Cámara

TABLA II
ODROID USB-CAM 720P

USB 2.0 High Speed	CMOS sensor
1280*720 HDR	UP to 30 fps
16:9 Screen Output	DC 5V/500mA

B. Identificación

Se utilizan dos toolkits de visión de LABVIEW para realizar la identificación de la bola, el visión adquisición en el cual se

configura la cámara, y el vision and motion, con el cual se realiza la identificación de un patrón en la captura de la cámara. Se captura un patrón inicial que buscara en todas las imágenes que la cámara le entregue a LABVIEW de esta forma se tiene una información constante de esta en todo momento, la distancia en X y Y está dada en pixeles.

IV. RESULTADOS

La respuesta desea para el sistema igualo las expectativas esperadas, debido a los problemas intermitentes presentados por la planta, el sistema en diferentes ocasiones pasaba de tener una respuesta estable a tener una respuesta marginalmente estable, pero manteniendo una oscilación en la posición cercana a su setpoint hasta nuevamente estabilizarse.

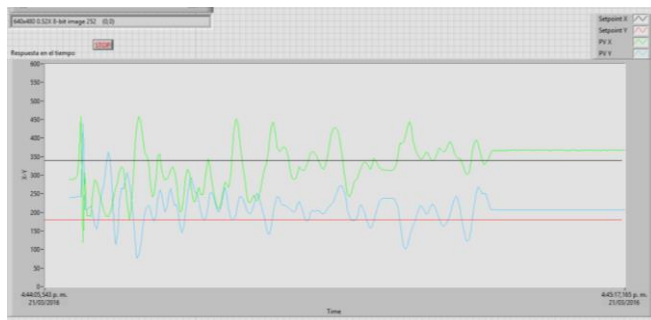


Fig. 8. Eje X y Y en grafica lineal.

En la gráfica se hace evidente lo anteriormente planteado, se obtiene una oscilación y una posterior estabilización en ambos ejes en este caso muy cerca de la referencia.

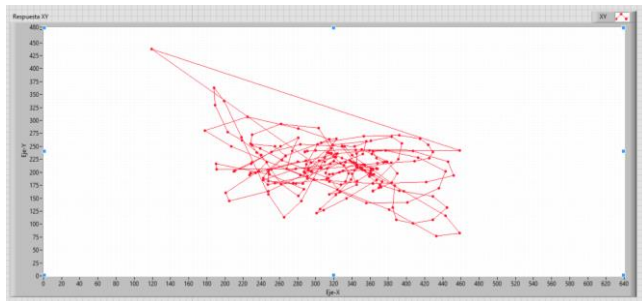


Fig. 9. Movimiento real de la bola.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El control realizado por el sistema no logro en algunas ocasiones estabilizar la planta debido a que en el diseño original de la planta no se previó que los servo motores utilizados tuvieran cierto margen de desplazamiento rotacional al estabilizarse un una ángulo, esto hacia que al estabilizar la bola la plataforma quedara un poco inclinada al detenerse en el setpoint haciendo que la bola rodara nuevamente alejándose del valor deseado, se intentó mitigar este error colocando resortes en las esquinas para limitar dicho desplazamiento rotacional del servo aunque no fue efectivo en todo momento redujo en gran

parte la inclinación de la plataforma aumentado la eficacia del controlador.

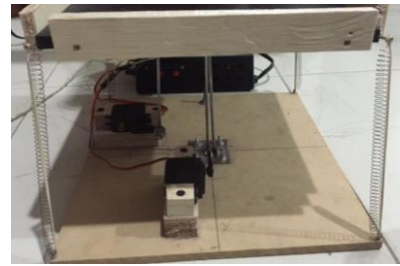


Fig. 10. Movimiento real de la bola.

El sensor cumplió a plenitud su función entregando de manera precisa la posición del centro de la bola manteniendo un valor acorde a la posición de la bola sin verse afectado por los cambios de luz en el momento de estar en funcionamiento.

VI. CONCLUSIONES

En este artículo se logró un análisis y modelado del sistema ball and plate permitiendo obtener una función de trasferencia para implementar el controlador PID para el sistema mencionado, se logró una respuesta aceptable del controlador al estabilizar la bola en la posición deseada o en su defecto a mantenerla oscilando dentro un rango aceptable de su setpoint.

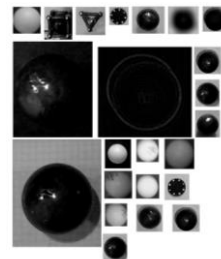


Fig. 11. Patrones de prueba.

La estabilización de sistema depende en gran medida al correcto posicionamiento del ángulo en el servo y la correcta calibración del sensor de retroalimentación en este caso al cámara para entregar la posición correcta de la bola teniendo en cuenta los cambios de luz que pueden afectar dicha medición.

REFERENCIAS

- [1] K. Ogata, Modern Control Engineering, 5th Edition, Prentice Hall, 2009.
- [2] Caio Felipe Favaretto, Henrique Corrêa Ramiro, Rômulo de Oliveira Souza e Marcelo Barboza Silva. Controle de um sistema Bola-Barra com realimentação através de imagen 2013.
- [3] Hjelte Ulmehag, R., Hofwimmer, R., Klintberg, A., Skog Lidander, D., & Staberg, P. Ball and beam. 2012.

- [4] Obando Correa, O. A., & Romero Brand, H. Desarrollo de un sistema ball and beam, para implementar estrategias de control mediante Labview.
- [5] Gonzalez, R. & Woods, R. Digital image processing. Prentice Hall. 2008
- [6] W. Bolton, Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering, 4th Edition, Prentice Hall, 2009.
- [7] Hauser, J., S. Sastry, and P. Kokotovic. "Nonlinear Control via Approximate Input-output Linearization: the Ball and Beam Example", IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 37, no. 3, IEEE, Piscataway, NJ, 1992, pp. 392-398.
- [8] Barranco, A. & Medel, J. Artificial vision and identification for intelligent orientation using a compass. Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía, Vol. 58, pp. 191-198 2011.
- [9] Handa, A., Newcombe, R. A., Angeli, A., & Davison, A. J. Real-time camera tracking: When is high framerate best? Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7578, pp. 222-235. DOI: 10.1007/978-3-642-33786-4_17 2012.
- [10] X. Fan, N. Zhang and S. Teng, Trajectory planning and tracking of ball and plate system using hierarchical fuzzy control scheme, Fuzzy Sets and Systems, vol. 14, no. 2, pp. 297-312, 2003.
- [11] Sossa, H. Features for object recognition. Instituto Politécnico Nacional. 2006.
- [12] Hartley, R. & Zisserman, A. Multiple view geometry in computer vision. Cambridge University press, pp. 152-208. 2003.
- [13] Tipsuwanpom, Runghimmawon, T. Runghim, T. Intajag, and S. Krongratana "Fuzzy logic PID controller based on FPGA for process control," Industrial Electronics, 2004 IEEE International Symposium, Vol. 2, No. 11, 2004, 1495- 1500
- [14] Basilio, J. C., Matos, S. R. Design of PI and PID controllers with transient performance specification. In: Education, IEEE transaction, Nov 2002, Volume 45, Issue 4, pp. 364-370 2002.
- [15] Korrapati R.; Anderson, J. A.; Swain, N. K.; Swain M; "System Modeling Using Virtual Instruments" Southeast Con, 2002. Proceedings IEEE Digital Object Identifier: 10.1109/2002.995570 Publication Year: 2002, Page(s): 121 - 126.
- [16] D'Souza, A., Advanced Dynamics: Modeling and Analysis, Prentice Hall (1984). Hamed, B., "Application of Labview for Real-time Control of Ball and Beam System", IACSIT Journal of Engineering and Technology, Vol. 2, No. 4 2010.
- [17] Keeling, Christopher J. Modeling a Ball and Beam System Driven by an Electric Motor. 2010.
- [18] K. C. Ng and M. M. Trivedi, Neural integrated fuzzy controller and real-time implementation of a ball balancing beam, Proc. of the 1996 IEEE Conf. on Robotics and Automation, Minneapolis, MN, U.S.A., pp. 1590-1595, 1996.
- [19] X. Doug and Z. Zhang, Applying genetic algorithm to on-line updated PID neural network controllers for ball and plate system, The 4th International Conference on Innovative Computing, information and Control, Kaohsiung, Taiwan, pp. 751-755, 2009.
- [20] G. Wang and Z. S. Sun, Algorithmic research on PD direct fuzzy control based on ball and plate apparatus, Electric Drive, vol. 4, pp. 23-25, 2004.
- [21] P. Ponce, Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería, 1th edition, 2011.