การพัฒนาหุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเอง
Development of a Two Wheel Self-balancing Robot**

ธัญญารัตน์ ปานกำเนิด* ลัดดาวรรณ ภาเจริญสุข
ณัฐธิดา ดาราเย็น ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ และธีรวิทย์ อัศวศิลปะกุล
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาหุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเอง มีจุดประสงค์เพื่อสร้างระบบการทรงตัวของหุ่นยนต์ด้วยการควบคุมแบบพีไอดี (P : Proportinal, I : Integral, D : Derivative) โดยการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เซอร์โวมอเตอร์และเซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer sensor) เป็นระบบควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์ การทำงานของระบบจะเริ่มจากการรับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความเร่งและส่งข้อมูลเข้ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลการควบคุมโดยใช้สมการพีไอดีและส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ การทดสอบความสมดุลของหุ่นยนต์พบว่าหุ่นยนต์สามารถเข้าสู่สภาวะสมดุลได้จากการตั้งเอียงทางด้านซ้ายและด้านขวาในระยะเวลาเฉลี่ย 7.507 วินาทีและ 5.828 วินาที ตามลำดับ และเมื่อใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักขนาด 10 กรัม 20 กรัม และ 40 กรัม หุ่นยนต์จะเข้าสู่สภาวะสมดุลได้จากการถ่วงน้ำหนักที่ด้านซ้ายและด้านขวาภายในระยะเวลาเฉลี่ย 5.371 วินาที 5.697 วินาที 9.438 วินาที 9.255 วินาที 11.94 วินาทีและ 11.952 วินาที ตามลำดับ

คำสำคัญ : หุ่นยนต์สองล้อ หุ่นยนต์สมดุลด้วยตัวเอง

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: palm91233@hotmail.com
**งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

Abstract

The main purpose of this research was to develop a two-wheel robot which is able to keep balance itself by means of PID (P : Proportinal, I : Integral, D : Derivative) Control. Microcontroller, servomotor and accelerometer sensor were applied to control the robot balancing. The control system was started from a microcontroller which obtains the accelerometer data changing proportional to the robot motion, then processes them by using the PID control equation to get the speed values for servo motor control. The results, without using a weight, show that the robot can keep the center of gravity within the average time of 7.507 seconds and 5.828 seconds form leaning left and right respectively. When the counterweightsare placed on the left side and the right side of the robot, it will take the average time of 5.371 seconds, 5.697 seconds and 11.952 seconds, 9.438 seconds and 9.255 seconds and 11.94 seconds respectively.

Keyword : Balancing two-wheel robot, Self balancing robot

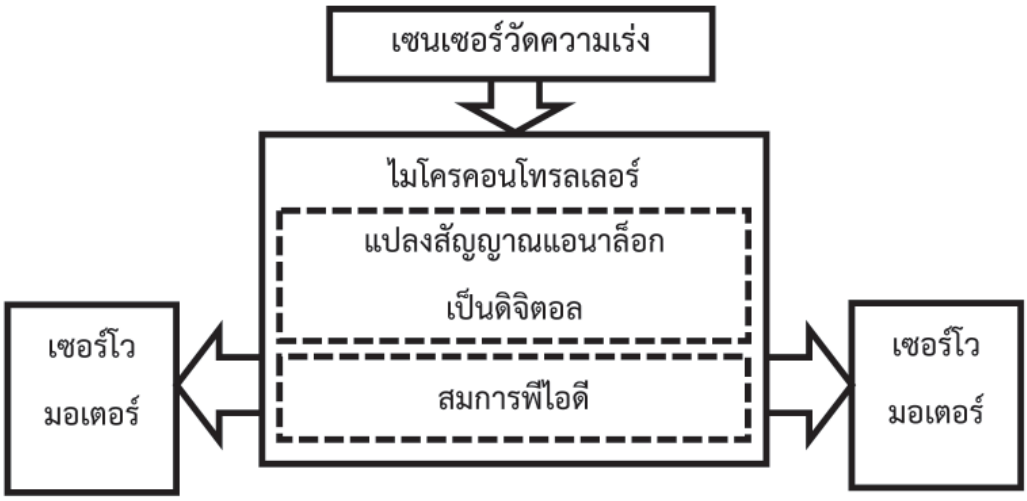
บทนำ

หุ่นยนต์ชิ้นแรกของโลกคือนกพิราบกล (Pigeon) ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อปี พ.ศ.143 โดยอาร์คายทาส (Archytas of Tarentum) นักคณิตศาสตร์และนักประดิษฐ์ชาวกรีก สามารถบินได้โดยอาศัยแรงขับเคลื่อนจากไอน้ำ (สมาคมวิชาการแห่งประเทศไทย, 2555) และตลอดระยะเวลาการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ผ่านมา การพัฒนาหุ่นยนต์ให้ใกล้เคียงมนุษย์ยังคงเป็นความพยายามตลอดมาของศาสตร์ทางด้านหุ่นยนต์

หุ่นยนต์สองล้อเป็นศาสตร์หนึ่งในการพัฒนาของหุ่นยนต์ เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วย ความคล่องแคล่ว หมุนตัวอยู่กับที่และสามารถขึ้นลงทางลาดชันได้ อีกทั้งยังมีลักษณะการทรงตัวที่ใกล้เคียงมนุษย์ (กิตตินินท์ ประเสริฐสมและวิทิต ฉัตรรัตนกุลชัย, 2554) การควบคุมการทรงตัวโดยใช้สมการพีไอดี (P : Proportinal, I : Integral, D : Derivative : PID) เป็นเทคนิคในการควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์แบบป้อนกลับโดยวิธีการนี้จะพยายามลดค่าผิดพลาดในระบบให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการตามธรรมชาติของระบบ (วิกิพีเดีย, 2555) โดย Minh Thao.,et al. (2010) พัฒนาสมการพีไอดีร่วมกับเซนเซอร์วัดตำแหน่ง โดยใช้ค่าตำแหน่งของแกนหุ่นยนต์มาใช้ควบคุมการทรงตัว Kun et al. (2011) พัฒนาสมการพีไอดีร่วมกับแอกซิโรมิเตอร์ (accelerometer) และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (angular velocity sensor) ทดแทนการใช้โมดูลเซนเซอร์ที่มีราคาแพงเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาหุ่นยนต์ Bharathi et al. (2011) การจำลองแกนระบบความสมดุลของตัวเอง โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์และแอกซิโรมิเตอร์ (accelerometer) เพื่อให้ระบบมีความสมดุลและใช้สมการพีไอดี

ควบคุมความเสถียรภาพในระบบและ Dai et al. (2012) การออกแบบรถสองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเองโดยใช้ฮาร์ดแวร์ต้นทุนต่ำ อย่างเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์แอกซิโรมิเตอร์ และไจโรสโคป (Gyroscope) เพื่อประยุกต์ระบบการควบคุมสมการ PID จากรถต้นแบบ

คณะผู้วิจัยจึงนำสมการพีไอดีมาใช้พัฒนาหุ่นยนต์สองล้อให้สามารถสมดุลด้วยตัวเองตลอดเวลาโดยอัตโนมัติโดยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer Sensor) ในการส่งข้อมูลให้สมการพีไอดีทำการประมวลผลและใช้เซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัวเพื่อควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์สองล้อ



ภาพที่ 1 การทำงานของหุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุล

วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ (ภาพที่ 1) เริ่มจากเซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer Sensor) ตรวจจับการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ในแนวแกน Z และส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้สมการพีไอดีทำการประมวลผลเพื่อสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 2 ข้างเคลื่อนไหวอย่างเป็นอิสระต่อกันเพื่อควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์สองล้อ การดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1. การออกแบบส่วนแมคคานิกส์

ส่วนโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ (ภาพที่ 2) ประกอบขึ้นจากแผ่นอะคริลิคซึ่งชิ้นส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ได้มีการออกแบบไว้อย่างเหมาะสมเพื่อให้มีความสมดุลที่สุดในเวลาการทรงตัวของหุ่นยนต์ โครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละชิ้นมีดังต่อไปนี้

1.1 ฐานของหุ่นยนต์มีความกว้าง 14 เซนติเมตรและความความยาว 20 เซนติเมตร

1.2 ฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร

1.3 ฐานยึดล้อ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

1.4 ล้อ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร

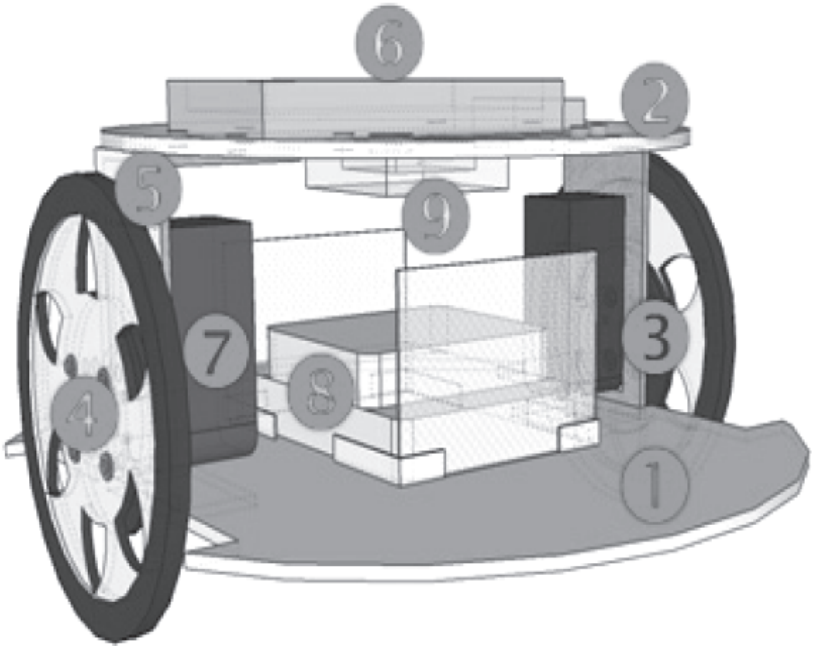
1.5 ตัวยึดเซอร์โวมอเตอร์ประกอบขึ้นจากโลหะ เพื่อให้มีความแข็งแรงและทนทานต่อการเคลื่อนที่โดยมีความกว้าง 4 เซนติเมตรและความความยาว 7 เซนติเมตร

1.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Easy Mega 1280

1.7 เซอร์โวมอเตอร์รุ่น AX-12

1.8 แบตเตอรี่ 9.6 โวลต์ 2.2 แอมแปร์และแบตเตอรี่ 7.2 โวลต์ 1.3 แอมแปร์

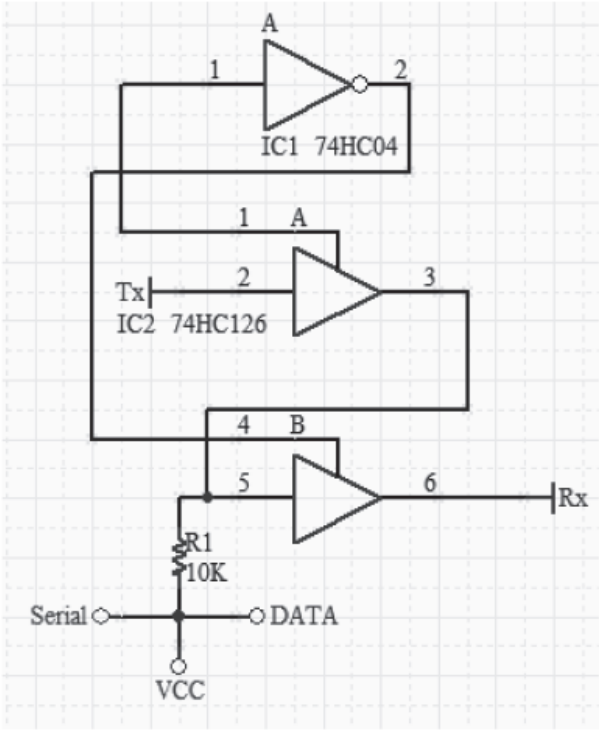
1.9 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer sensor)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของหุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเอง

2. การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

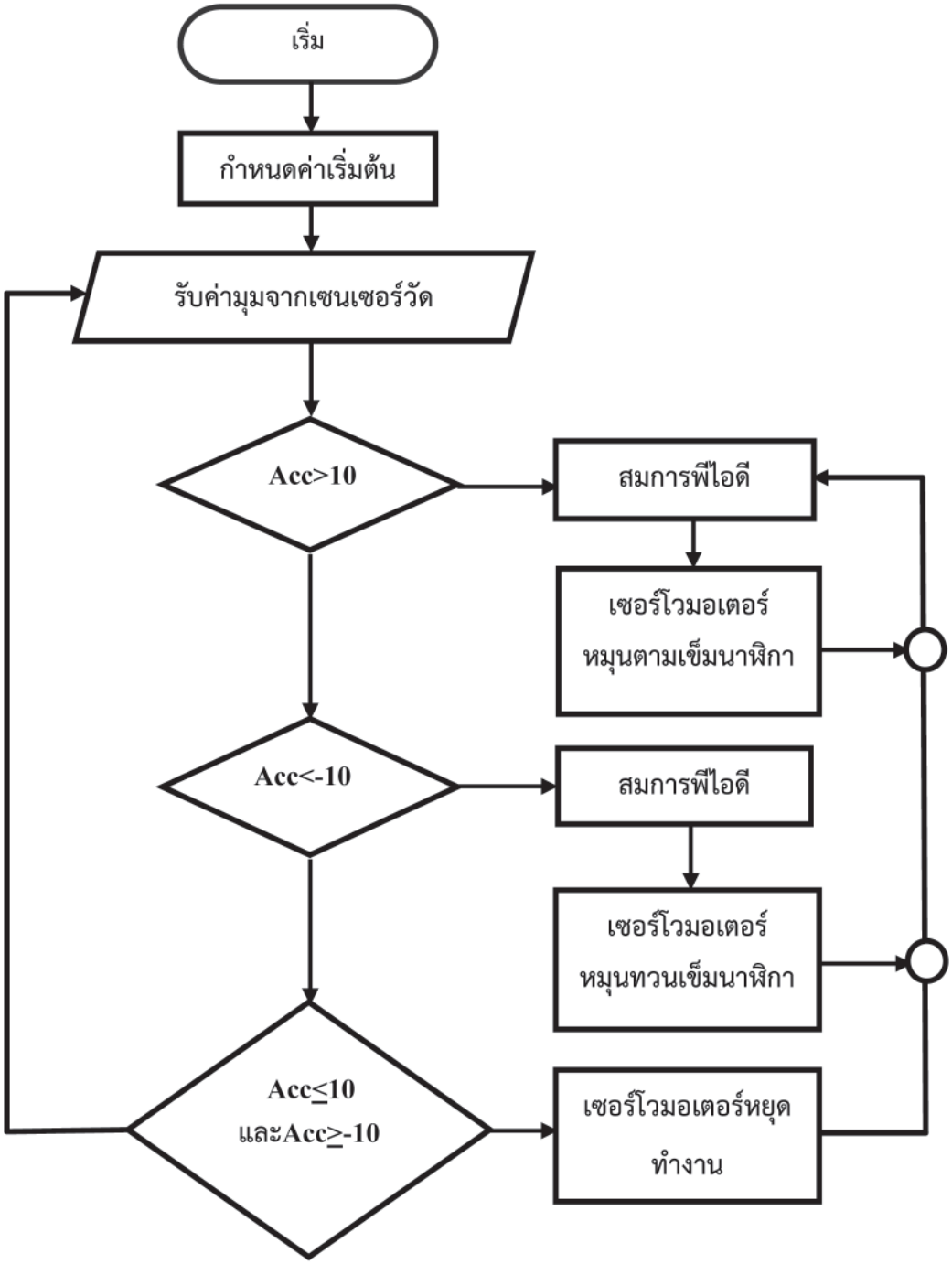
คือ การออกแบบด้านภาคขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ด้วยเซอร์โวมอเตอร์มีการรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ไม่สามารถรับคำสั่งได้โดยตรงจึงจำเป็นต้องมีภาคขับเคลื่อนเพื่อเป็นตัวกลางในการรับส่งชุดข้อมูลให้กับเซอร์โวมอเตอร์ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 วงจรขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

3. การออกแบบโปรแกรมควบคุม

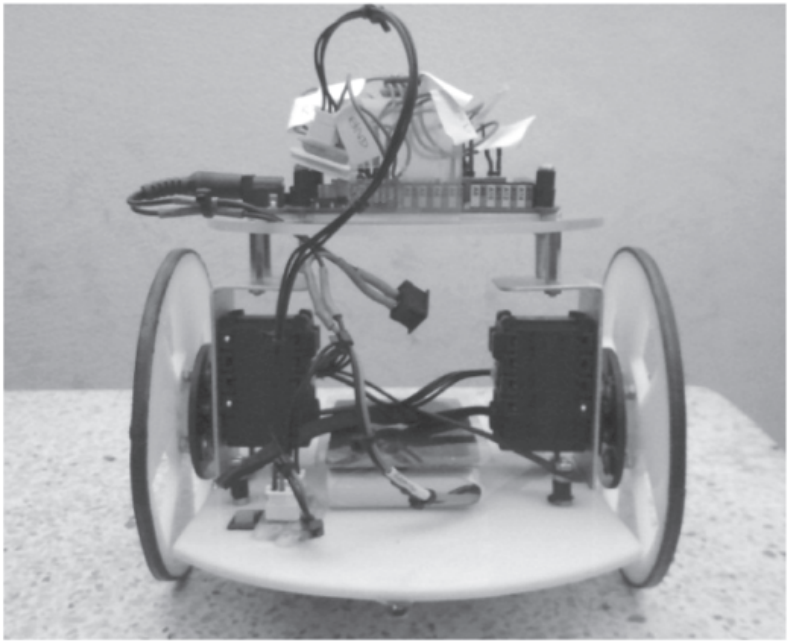
การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์หลักสำหรับรับค่าจากเซนเซอร์วัดความเร่งและส่งค่าให้กับเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อไปควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์สองล้อ

ผลการวิจัย

หุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเองที่พัฒนาขึ้นมีรูปร่างดังภาพที่ 5

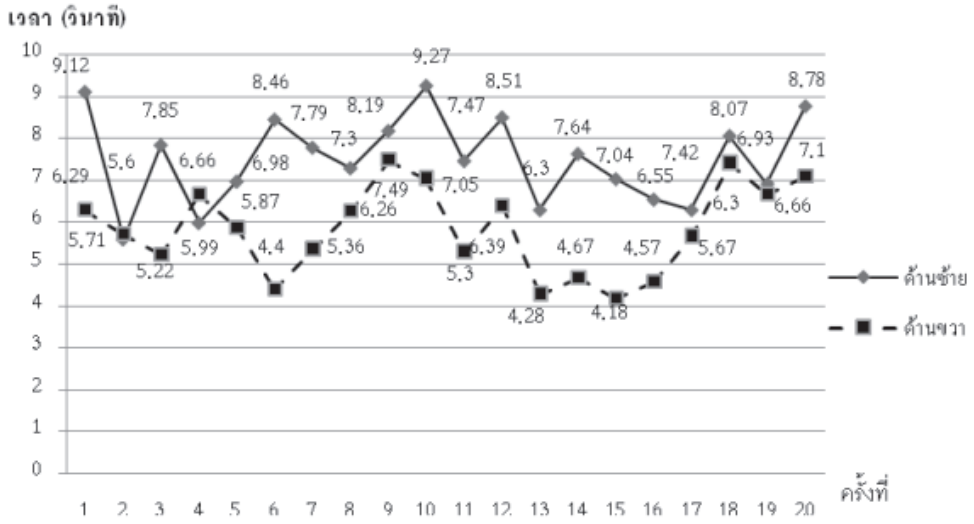


ภาพที่ 5 หุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเอง

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์สองล้อแบบสมดุลด้วยตัวเอง แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบแบบไม่ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักและการใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักแบบมาตรฐานสำหรับปรับเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักเป็นอุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก

1. การทดสอบแบบไม่ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก

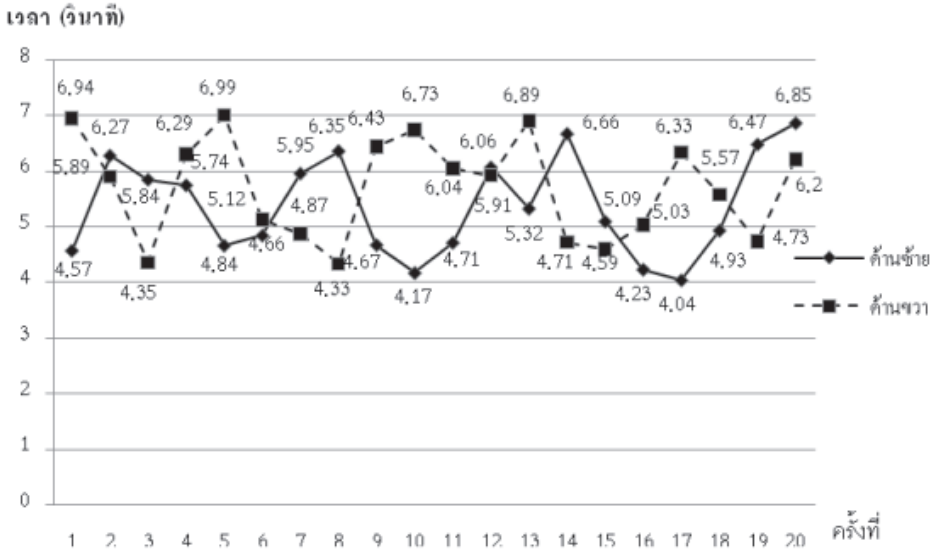
ทดลองโดยการกดฐานของหุ่นยนต์ให้สัมผัสกับพื้น จากนั้นจึงเริ่มจับเวลาจนกระทั่งหุ่นยนต์เข้าสู่สภาวะสมดุล โดยทำการกดฐานของหุ่นยนต์ทางด้านซ้ายและด้านขวา ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 6



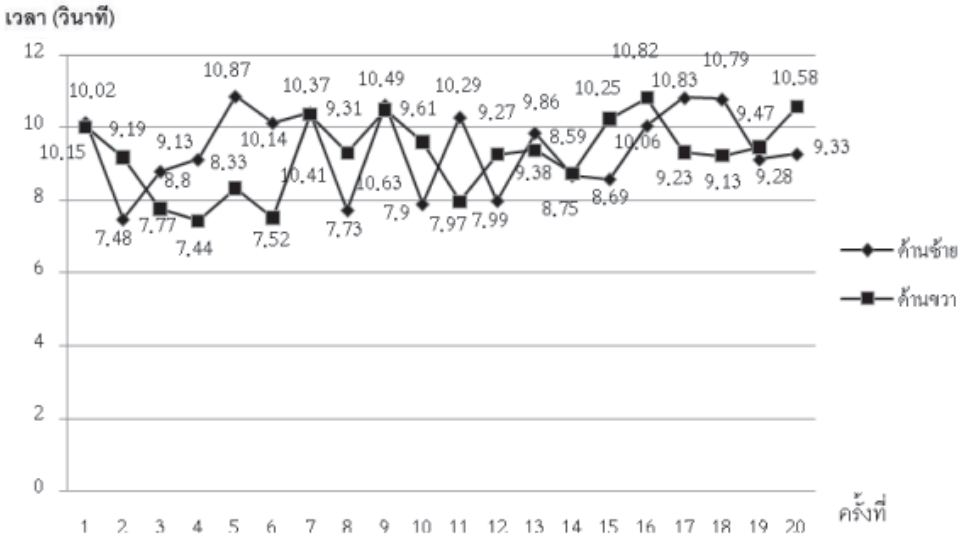
ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการการทรงตัวของหุ่นยนต์ที่ไม่ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก

2. การทดสอบแบบใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักขนาด 10 กรัม 20 กรัม และ 40 กรัม

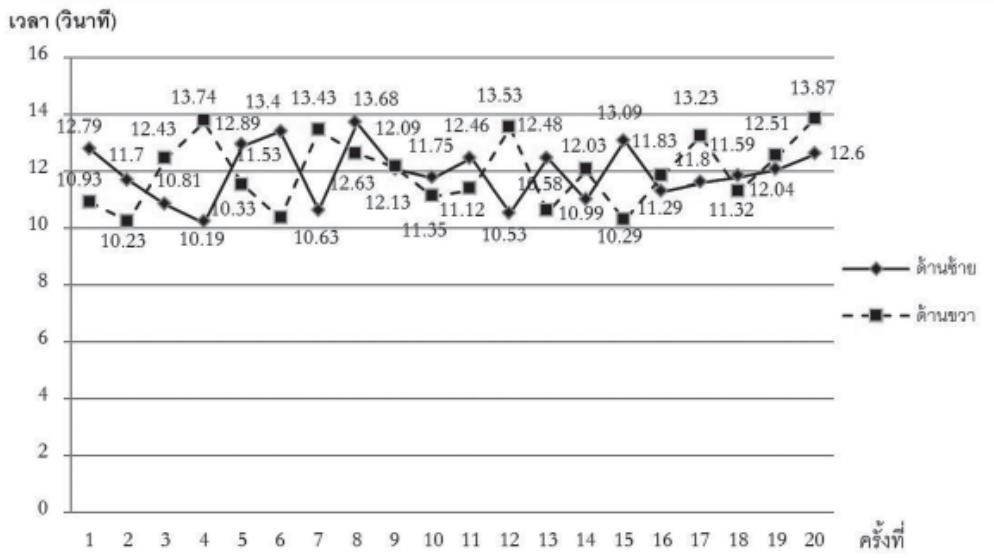
ทดลองโดยใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักวางที่ฐานของหุ่นยนต์ จากนั้นจึงกดฐานของหุ่นยนต์ให้สัมผัสพื้นและเริ่มจับเวลาจนกระทั่งหุ่นยนต์เข้าสู่สภาวะสมดุล โดยทำการกดฐานของหุ่นยนต์ทางด้านซ้ายและด้านขวา ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 7 ภาพที่ 8 และภาพที่ 9



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการการทรงตัวของหุ่นยนต์ที่ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก 10 กรัม



ภาพที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการการทรงตัวของหุ่นยนต์ที่ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก 20 กรัม



ภาพที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการการทรงตัวของหุ่นยนต์ที่ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก 40 กรัม

วิจารณ์ผลการทดลอง

การได้มาของค่า PIและ D ของสมการพีไอดี (P : Proportinal, I : Integral, D : Derivative) ในงานวิจัยนี้ ได้มาจากการทดลองและปรับแก้จากข้อมูลที่ได้รับ แม้จะไม่ใช่วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากนัก แต่ก็สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์เพื่อปรับสมดุลของหุ่นยนต์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bharathi (2011) ซึ่งใช้วิธีการเดียวกัน โดยหุ่นยนต์สามารถเข้าสู่ภาวะสมดุลและทรงตัวได้จากการตั้งเอียงทั้งทางด้านขวาและด้านซ้ายด้วยระยะเวลาเฉลี่ย 7.507 วินาที และ 5.828 วินาที ตามลำดับ และเมื่อใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักขนาด 10 กรัม 20 กรัม และ 40 กรัม วางที่ด้านขวาและด้านซ้ายหุ่นยนต์จะเข้าสู่สภาวะสมดุลได้ภายในระยะเวลาเฉลี่ย 5.371 วินาที 5.697 วินาที 9.438 วินาที 9.255 วินาที 11.94 วินาทีและ 11.952 วินาที ตามลำดับซึ่งผลที่ได้รับมีความน่าพอใจในระดับที่ยอมรับได้ อันเนื่องจากข้อจำกัดของเซอร์โวมอเตอร์ที่ไม่สามารถปรับค่าความเร่งของการเคลื่อนที่ได้ในระดับที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาหุ่นยนต์สองล้อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวระนาบและพื้นเอียงได้โดยอัตโนมัติ
2. การพัฒนาหุ่นยนต์สองล้อให้สามารถตัดสินใจในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้โดยอัตโนมัติ
3. สามารถควบคุมหุ่นยนต์สองล้อด้วยระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์มือถือได้
4. สามารถเพิ่มไจโรเซนเซอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์สองล้อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กิตตินินท์ ประเสริฐสมและวิทิต ฉัตรรัตนกุลชัย. (2554). พาหนะสองล้อบรรทุกคนขนาดเล็ก. *รายงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 25,* 43, 223-236.

ธนัช ศรีพนมและมนูศักดิ์ จานทอง. (2551). *การออกแบบการสร้างหุ่นยนต์สองล้อ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต (ครุศาสตร์เครื่องกล) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วิกิพีเดีย. (2555). *ระบบควบคุมพีไอดี.* Retrieved February, 27, 2012, From http://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี

สมาคมวิชาการแห่งประเทศไทย. (2555). *ประวัติและพัฒนาการของหุ่นยนต์.* Retrieved February, 27, 2012, From http://www.trs.or.th/index.php/article/robot-story/42-history

Bharathi, V., Sarankumar, R., & Venkatesh, K. (2011). Singular Axis Self Balancing System. *Journal of Technology And Engineering System,* 2(1), 45-48.

Dai, M., Wang, J., Sun, X. G., Hu, S., & Jia, J. X. (2012). Design and implementation of the control system for two-wheeled self-balancing vehicles. *Journal of Advanced Materials Research,* 588, 1606 - 1610.

Kun, L., Ming, B., & Yuhua, N. (2011). Two-wheel self-balanced car based on Kalman filtering and PID algorithm. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management,* 1, 281 - 285.

Minh Thao, N. G., Nghia, D. H., & Phuc, N. H. (2010). A PID backstepping controller for two-wheeled self-balancing robot. *Journal of Strategic Technology,* 76 - 81.

คณะผู้เขียน

นางสาวธัญญารัตน์ ปานกำเนิด

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ถ.อิสระภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600
e-mail: plam91233@hotmail.com

นางสาวลัดดาวรรณ ภาเจริญสุข

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ถ.อิสระภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600
e-mail: 5221241002@bsru.ac.th

นางสาวณัฐธิดา ดาราเย็น

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ถ.อิสระภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600
e-mail: 5221241003@bsru.ac.th

ดร.ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ถ.อิสระภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600
e-mail: mar6666@hotmail.com

อาจารย์ธีรวิทย์ อัศวศิลปะกุล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ถ.อิสระภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600
e-mail: teerawit131@hotmail.com