การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์แบบ 4 ขา
Design and Control of Quad-leg Robot

อนันต์ สืบสำราญ[1]* คมสัน มีสมบูรณ์[2] และ กิตติศักดิ์ เพ็งสุข[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยการเดินของหุ่นยนต์ 4 ขาโดยสามารถเดินได้บนพื้นผิวขรุขระ ส่วนประกอบของหุ่นยนต์สามารถแบ่งได้สองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการออกแบบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ทั้งหมดของระบบ เช่นโครงสร้างทางกล บอร์ดควบคุม บอร์ดขับมอเตอร์ โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวขับและยึดติดที่ข้อต่อที่ขาทั้ง 4 ขารวมทั้งหมด 12 ข้อต่อ ส่วนที่สองเป็นการออกแบบโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมหลักในการคำนวณสมการการเคลื่อนที่โดยสร้างมาจากสมการทางคณิตศาสตร์โดยวิธี Inverse Kinematics เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดิน ส่วนควบคุมย่อยหรือตำแหน่งของข้อต่อในแต่ละข้อต่อโดยการโปรแกรมประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Basic Stamp ขนาด 8 บิต เพื่อส่งคำสั่งควบคุมตำแหน่งด้วยสัญญาณแบบ PWM ไปยังบอร์ดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังชุดขับเซอร์โวมอเตอร์เพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละข้อต่อ การทดลองการควบคุมการเดินของหุ่นยนต์ได้ทำการทดสอบหาความสามารถการเดินของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา ซึ่งหุ่นยนต์สามารถเดินและทำการรักษาการทรงตัวโดยใช้หลักการเดินแบบการสมดุลสถิตย์ซึ่งคำนวณการรักษาสมดุลโดยการหาจุดสมดุลแบบสามเหลี่ยมหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ซึ่งจากผลการทดลองหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งได้อย่างถูกต้อง โดยค่าความแม่นยำของการเดินขึ้นอยู่กับความเร็วของการสั่งการเดิน

คำสำคัญ: หุ่นยนต์เดิน 4 ขา จนศาสตร์ผกผัน การสมดุลของหุ่นยนต์

Abstract

This paper is aimed to present and to build a movement control of 4-leg walking robot. The component of robot can be divided into two parts. The first part is designed for all structures of hardware system such as mechanical structure, controller board and motor driver board. The second part is the programming for robot position control that used a computer to control the robot's movement. The computer programming is applied to compute the inverse kinematics or other processes and sent data to a servo motor to command robot's position. The data will transmit by serial port to a servo control board. Servo motors are equipped to

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] นักศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2913-2500 ต่อ 3207 E-mail: asr@kmutnb.ac.th

รับเมื่อ 27 ตุลาคม 2551 ตอบรับเมื่อ 28 ธันวาคม 2552

the joint of all 4 legs, totally 12 joins. For testing robot movement, robot's position command to control servo motor can be calculated by using the principle of inverse kinematics. A robot can walk on straight line, turn left and turn right moving direction. The principle of equilibriums of a robot is done by static balance method. From the results of experiment, we can concluded that the robot can work well according with the user's command to control robot movement, although during the real test, the errors are come from walking steps of a robot with the high velocity command.

Keyword: 4-leg Walking Robot, Inverse Kinematics, Robot Balancing

1. บทนำ

ปัจจุบันในการพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile Robot) ซึ่งรูปแบบของการใช้กลไก ในการที่จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีกลไกหลายรูปแบบ เช่น การใช้ล้อ ใช้ตีนตะขาบ ใช้สายพาน เป็นตัวสร้างการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ส่วนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อีกแบบหนึ่งเป็นการออกแบบลักษณะการเคลื่อนที่โดยการเลียนแบบสิ่งมีชีวิต เช่น ใช้ขา การเลื้อย การกลิ้ง การกระโดด เป็นต้น ดังนั้นรูปแบบการเคลื่อนที่แต่ละชนิดก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการนำไปใช้งานที่ต่างกัน แต่การเคลื่อนที่ที่แพร่หลายในปัจจุบันที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นเป็นการเคลื่อนที่ในลักษณะการใช้ล้อเป็นหลักซึ่งสามารถทำได้ง่าย สะดวก เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว แต่จะมีข้อจำกัดในเรื่องของความสามารถในการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนที่ไปในสถานที่ที่ต้องการซึ่งการใช้กลไกแบบล้อไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ดังนั้นบทความนี้จะเป็นการนำเสนอการเคลื่อนที่โดยใช้ขาเดิน การใช้ขานี้จะมีข้อดีดังนี้คือ

1. สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีอันตรายบนพื้นผิว เช่น บริเวณที่มีกับระเบิด พื้นที่การเกษตร ซึ่งการเดินจะใช้พื้นที่ปลายขาในการสัมผัสกับพื้นผิวเท่านั้น ต่างกับล้อหรือตีนตะขาบ ซึ่งจะเกิดรอยจากการเคลื่อนที่มากกว่า

2. สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีลักษณะพื้นผิวต่างระดับ

ดังนั้นการพัฒนาการเคลื่อนที่ในรูปแบบการเดินจึงเป็นการนำความรู้เรื่องการออกแบบหุ่นยนต์มาใช้ในการออกแบบระบบข้อต่อ กลไกของขา และการควบคุม รวมทั้งใช้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมดังในตัวอย่าง [2] และ [3] มาใช้ในการออกแบบหุ่นยนต์นี้ โดยทำการสร้างหุ่นยนต์เดิน 4 ขาขนาดเล็กขึ้นมาเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา นอกจากเอกสารอ้างอิงที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ผู้แต่งได้ทำการสำรวจการพัฒนาการสร้างหุ่นยนต์แบบ 4 ขาดัง [5] ได้ออกแบบระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบ 4 ขาด้วยการควบคุมแบบปรับค่าเกรนด้วยตัวเองแบบฟัซซี่ผสมกับตัวควบคุมแบบ PI+PD ซึ่งทำการออกแบบและทดสอบระบบโดยการจำลอง (Simulation) ซึ่งยังไม่ได้นำผลการจำลองที่ไปปฏิบัติการจริง ส่วน [6] ได้ทำการออกแบบหุ่นยนต์ 4 ขาทางกลเป็นหลักโดยไม่ได้ออกแบบระบบควบคุม ซึ่งผลงานนี้ได้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบการส่งกำลังของแรงบิดที่ข้อต่อขาของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เดินได้แบบนุ่มนวลและเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดจุด Singularity ของขาหุ่นยนต์ซึ่งจะยากแก่การควบคุมหุ่นยนต์ นอกจากนี้แล้วหุ่นยนต์แบบ 4 ขายังถูกออกแบบให้นำไปใช้งานสำหรับปีนผนังได้ด้วยดังรายละเอียดที่ได้เสนอใน [7]

2. การออกแบบกลไกและเทคนิคการควบคุมหุ่นยนต์ 4 ขา

2.1 คุณลักษณะของโครงสร้างหุ่นยนต์แบบ 4 ขา

ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา

- ขนาดกว้าง ยาว สูง 20x20x10 cm.

- RC Servo Motor มีขนาดกำลังไม่เกิน 8 kg/cm ใช้เป็นต้นกำลังในการหมุนข้อต่อ

- Servo Motor Control Board ในการควบคุม RC Servo Motor

- Basic Stamp Microcontroller แบบ 8 บิต โดยเชื่อมต่อส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์

- โปรแกรม Visual Basic สำหรับคำนวณค่ามุมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่และท่าการเดินของหุ่นยนต์

การสั่งงานจะผ่านหน้าต่างโปรแกรมโดยอาศัยปุ่มควบคุมต่างๆ ดังนี้ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

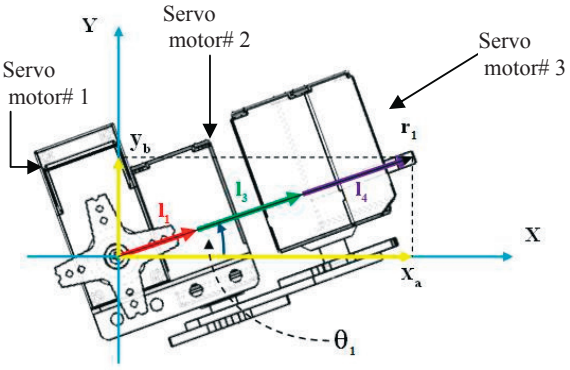
- ปุ่มทดสอบ (Test) การทำงานโดยการป้อนค่าพิกัด x,y,z แล้วกดปุ่มทดสอบ (Test) หุ่นยนต์จะทำการเคลื่อนที่ไปตำแหน่งที่กำหนดโดยปลายขาอยู่กับที่
- ปุ่มคำสั่งเดินหน้า/ถอยหลัง (Forward/Backward) โดยการป้อนจำนวนก้าว แล้วกดปุ่ม คำสั่งเดินหน้า/ถอยหลัง (Forward/Backward) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เดินหน้า/ถอยหลังตามคำสั่ง
- ปุ่ม Rotation Right/Left เป็นการสั่งงานให้หุ่นยนต์หันตัวไปทางซ้ายและขวา โดยการป้อนค่าจำนวนครั้งลงในช่อง โดยถ้าหากป้อนค่า 1 หุ่นยนต์จะหันไป 30 องศา
- ปุ่ม Reset ใช้ในการสั่งงานให้หุ่นยนต์อยู่ในสภาวะเตรียมพร้อม

2.2 การออกแบบกลไกและการวิเคราะห์จนศาสตร์ผกผันของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา

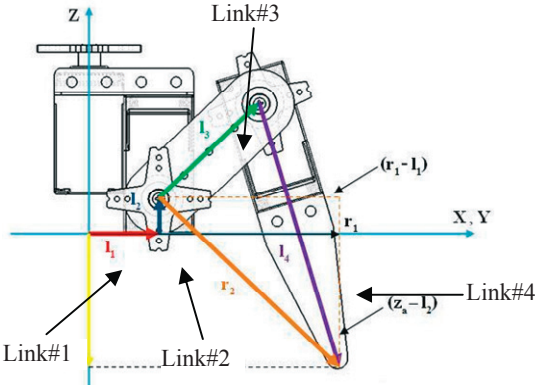
จนศาสตร์ผกผันจาก [1] Inverse Kinematics of Robot [4] คือการคำนวณหาตำแหน่งของหุ่นยนต์ซึ่งจะนำไปใช้สำหรับเป็นคำสั่งให้กับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามค่ามุมที่ถูกคำนวณมาได้ โดยจนศาสตร์ผกผันจะเปลี่ยนค่าตำแหน่งแบบ Cartesian Coordinate หรือพิกัดตำแหน่งที่กำหนดตำแหน่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เปลี่ยนเป็นคำสั่งเป็นมุม θ มีหน่วยเป็นองศา เพื่อสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ถูกคำนวณมาได้อย่างถูกต้อง

จากรูปที่ 1 แสดงภาพด้านบนของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นการกำหนดพิกัดโคออดิเนตให้กับหุ่นยนต์บนระนาบ *x,y,z* โดยระยะของความยาว Links คือ l_1, l_3 และ l_4 ถูกนำไปใช้เพื่อใช้คำนวณหาค่ามุม ดังสมการที่ (1)

การหาค่ามุม θ_1 ของตำแหน่งขาหุ่นยนต์



รูปที่ 1 ภาพด้านบนของขาหุ่นยนต์ 1 ขา และการกำหนดโคออดิเนตของหุ่นยนต์



รูปที่ 2 ภาพด้านข้างขาหุ่นยนต์ 1 ขา และการกำหนดโคออดิเนตของหุ่นยนต์

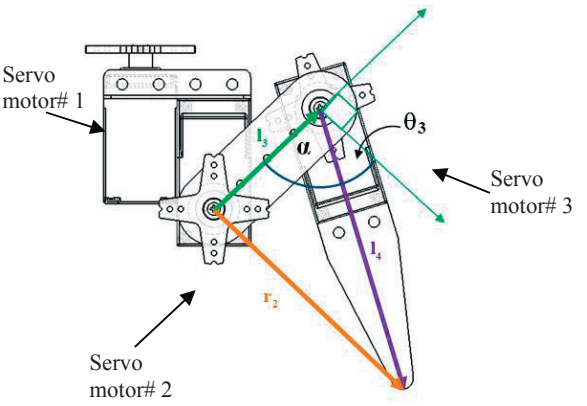
ดังนั้น การหาค่ามุม θ_1 และค่าเวกเตอร์ r_1 ของตำแหน่งขาหุ่นยนต์หาได้ดังนี้

$$\theta_1 = A\tan 2(y_a, x_a)$$
$$r_1 = \sqrt{{y_a}^2 + {x_a}^2} \qquad (1)$$

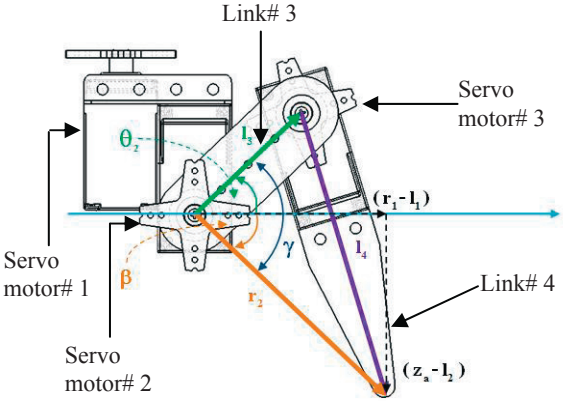
จากรูปที่ 2 แสดงภาพด้านข้างของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นการกำหนดระยะของความยาว Links คือ l_1, l_2, l_3 และ l_4 บนพิกัด เพื่อการหาค่าเวกเตอร์ลัพธ์ r_2 ของตำแหน่งขาหุ่นยนต์ดังสมการที่ (2)

$$r_2 = (r_1 - l_1)^2 + (z_a - l_2)^2 \qquad (2)$$

การหามุม ของตำแหน่งขาหุ่นยนต์จากรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพด้านขาหุ่นยนต์ 1 ขา ในการหามุม θ_3 และการกำหนดโคออดิเนตของหุ่นยนต์



รูปที่ 4 ภาพด้านข้างของขาหุ่นยนต์ 1 ขา ในการหามุม γ และการกำหนดโคออดิเนตของหุ่นยนต์

จากรูปที่ 3 แสดงภาพด้านข้างของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นการกำหนดพิกัดโคออดิเนตให้กับหุ่นยนต์บนระนาบ x, y, z โดยระยะของความยาว Links คือ l_3 และ l_4 นำไปใช้เพื่อคำนวณหาค่ามุม θ_3 โดยมีความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ (3) - (5)

$$r_2^2 = l_3^2 + l_4^2) - 2l_3l_4\cos\alpha \tag{3}$$

$$c_\alpha = \frac{l_3^2 + l_4^2) - r_2^2}{2l_3l_4}$$
$$c_\alpha = \sqrt{1 - c_a^2} \tag{4}$$

$$\alpha = A\tan(s_\alpha, c_\alpha)$$
$$\theta_\alpha = \alpha - 90 \tag{5}$$

ส่วนในรูปที่ 4 แสดงภาพด้านข้างแสดงการหามุม γ ของตำแหน่งขาหุ่นยนต์โดยมีอาศัยความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์โดยใช้หลักการของกฎโคซายน์ (Cosine Rule) เพื่อหามุม θ_2 ดังแสดงในสมการที่ (6) - (9)

$$\theta_2 = \alpha + \beta$$
$$\beta = A\tan 2(z_a - l_2, r_1 - l_1) \tag{6}$$

$$l_4^2 = l_3^2 + r_2^2 - 2l_3r_2\cos\gamma \tag{7}$$

$$c_\gamma = \frac{l_3^2 + r_2^2 - l_4^2}{2l_3r_2} \tag{8}$$
$$s_\gamma = \sqrt{1 - c_\gamma^2}$$

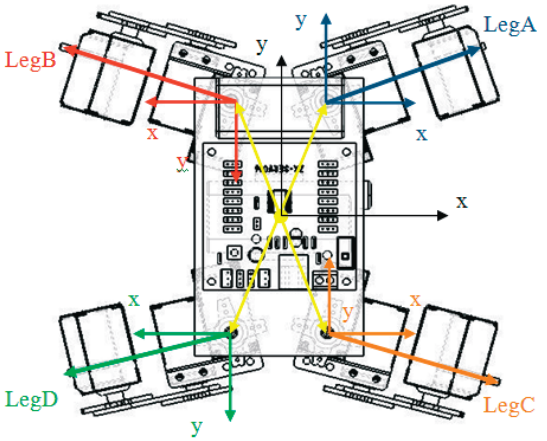
$$\gamma = A\tan(s_\gamma, c_\gamma) \tag{9}$$

นำสมการที่ได้จากข้างต้น มาเขียนให้อยู่ในเทอมความสัมพันธ์ของพิกัด x, y, z และหาค่ามุม θ_1 θ_2 และได้ดังในสมการที่ (10), (11), (12) ตามลำดับ

$$\theta_1 = A\tan 2(y_a, x_a) \tag{10}$$

$$\theta_2 = A\tan 2\left\{\sqrt{1 - \left[\frac{l_3^2 + \left((\sqrt{x_a^2 + y_a^2} - l_1)^2 + (z_a - l_2)^2\right)^2}{2l_3\left((\sqrt{x_a^2 + y_a^2} + l_1)^2 + (z_a - l_2)^2\right)}\right]^2}, \frac{l_3^2 + \left((\sqrt{x_a^2 + y_a^2} - l_1)^2 + (z_a - l_2)^2\right)^2}{2l_3\left((\sqrt{x_a^2 + y_a^2} - l_1)^2 + (z_a + l_2)^2\right)}\right\} + A\tan 2\left(z_a - l_2, \sqrt{x_a^2 + y_a^2} - l_1\right) \tag{11}$$

$$\theta_3 = \left\{A\tan\left[\sqrt{1 - \left(\frac{l_3^2 + l_4^2 - \left((\sqrt{x_a^2 + y_a^2} - l_1)^2 + (z_a - l_2)^2\right)^2}{2l_3l_4}\right)}, \frac{l_3^2 + l_4^2 - \left((\sqrt{x_a^2 + y_a^2} - l_1)^2 + (z_a - l_2)^2\right)^2}{2l_3l_4}\right]\right\} - 90 \tag{12}$$



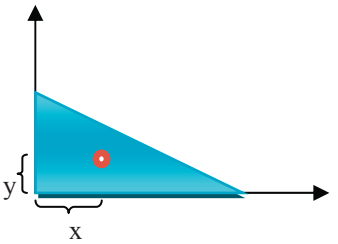
รูปที่ 5 โครงสร้างกลไกรวมและการกำหนดโคออดิเนตของหุ่นยนต์เดิน 4 ขา

หลังจากที่ได้สมการ Inverse Kinematics ของขาหุ่นยนต์ทั้ง 4 ขาแล้ว ให้นำสมการทั้งหมดมารวมให้เป็นตัวเดียวกัน เนื่องจากขาทั้ง 4 นั้น จะต้องยึดอยู่กับตัวหุ่นยนต์ตัวเดียวกัน เวกเตอร์ตำแหน่งของขาของหุ่นยนต์ถูกรวมขาทั้ง 4 เข้าด้วยกันโดยการสร้างเวกเตอร์ขึ้นมาอีก 4 เวกเตอร์ โดยที่แต่ละเวกเตอร์จะมีจุดกำเนิดมาจากจุดเดียวกันนั่นก็คือจุดศูนย์กลางของตัวหุ่นยนต์

จากรูปที่ 5 เวกเตอร์ตำแหน่งของขาทั้ง 4 ได้แก่ LegA, LegB, LegC และ LegD โดยที่เวกเตอร์ของขาแต่ละขาจะมีแกนอ้างอิงของแต่ละขา (Leg Reference Coordinate) ดังรูปที่ 5 แสดงการเชื่อมต่อเวกเตอร์ตำแหน่งของขาทั้ง 4 ขา จะถูกเชื่อมต่อด้วยเวกเตอร์ที่ถูกเพิ่มขึ้นมาใหม่นั่นคือเวกเตอร์ที่ถูกอ้างอิงที่จุดศูนย์กลาง (Origin Reference Coordinate)

3. ลักษณะการดินและการทรงตัวของหุ่นยนต์

การเดินของหุ่นยนต์ 4 ขา จะสามารถทำได้โดยการก้าวทีละขา และในการก้าวแต่ละครั้ง เมื่อขาที่จะก้าวถูกยกขึ้น จะเหลือขาอีก 3 ขาที่จะเป็นจุดรองรับ ดังนั้นเมื่อจะมีการยกขาใดขึ้น จึงจำเป็นจะต้องมีการถ่ายน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ เพื่อช่วยไม่ให้หุ่นยนต์ล้มในขณะที่ยกขาขึ้น ซึ่งวิธีที่ใช้สำหรับการสมดุลตัวหุ่นยนต์



รูปที่ 6 การหาจุดศูนย์กลางของหุ่นยนต์

ในขณะเดิน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น Zero Moment Position (ZMP), Static Balance, Dynamic Balance และในโครงงานนี้ผู้จัดทำได้เลือกใช้วิธี Static Balance ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่สามารถทำได้ง่าย และไม่ยุ่งยาก ทำได้โดยการหาจุดศูนย์กลาง (c.g) ของสามเหลี่ยม

จากรูปที่ 6 แสดงการหาจุดศูนย์กลางสำหรับการสมดุลแบบสถิต (Center of Gravity for Static Balance) ซึ่งได้ทำการออกแบบการควบคุมการทรงตัวของการเดินของหุ่นยนต์

ขนาดของสามเหลี่ยมถูกกำหนดโดยขนาดของหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบโดยใช้สูตรของสามเหลี่ยมมุมฉาก [5] เมื่อ b คือความยาวฐาน และ h คือความสูง โครงงานนี้ได้ออกแบบหุ่นยนต์โดยกำหนดค่าในการออกแบบดังนี้ b = 15 cm. และ h = 9 cm. ดังนั้น ระยะสมดุลแบบสถิต (Static Balance) คือ $x = \frac{1}{3}b$ และ $y = \frac{1}{3}h$

จากรูปที่ 7 ขั้นตอนการเดินมีการเรียงลำดับขั้นตอนการเดิน 4 ขั้นตอนดังนี้

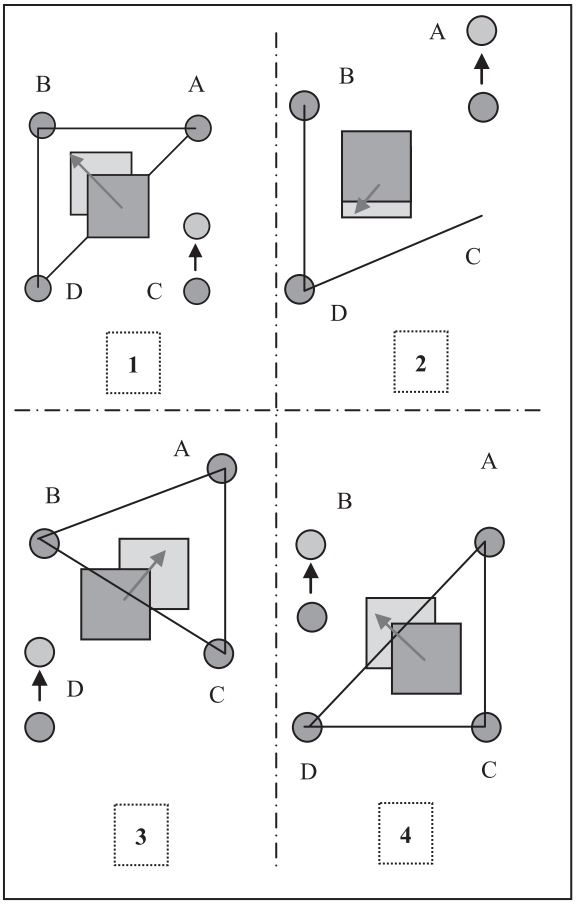
1. ในขั้นแรก โยกตัวไปยังจุดศูนย์กลางระหว่างขา A, B และ D จากนั้นขยับขา C ก้าวขึ้นไป

2. หลังจากก้าวขา C แล้วให้โยกตัวไปยังจุดศูนย์กลางระหว่างขา B, C และ D จากนั้นขยับขา A ก้าวขึ้นไป นับเป็นการเดิน 1 ก้าว

3. หลังจากก้าวขา A เป็นการเดิน 1 ก้าวแล้วจากนั้นจะเป็นท่าจบการเดินเพื่อให้หุ่นยนต์อยู่ใน

ลักษณะเริ่มต้น โดยการโยกตัวไปยังจุดศูนย์กลางระหว่างขา A, B และ C จากนั้นขยับขา D ก้าวขึ้นมาให้อยู่ในระดับเดียวกับขา C

ตัวอย่างขั้นตอนการเดิน 1 ก้าว (One Step Walking)



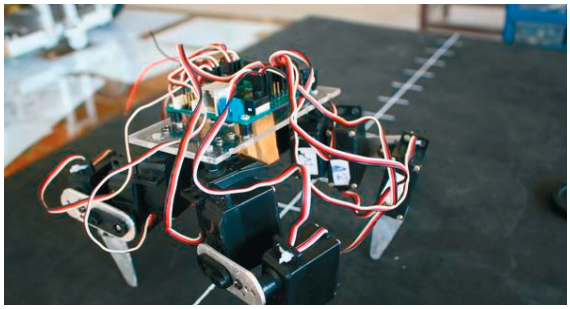
รูปที่ 7 การหาจุดศูนย์กลางของหุ่นยนต์ในการเดินของหุ่นยนต์ 1 ก้าว (One Step Walking)

4. หลังจากก้าวขา D แล้วให้ขยับขา B ก้าวขึ้นมาให้อยู่ในระดับเดียวกับขา A จากนั้นจึงโยกตัวกลับไปยังจุดศูนย์กลางของตัวหุ่นยนต์ (Center of Gravity) เป็นการเสร็จสิ้นการเดิน 1 ก้าว

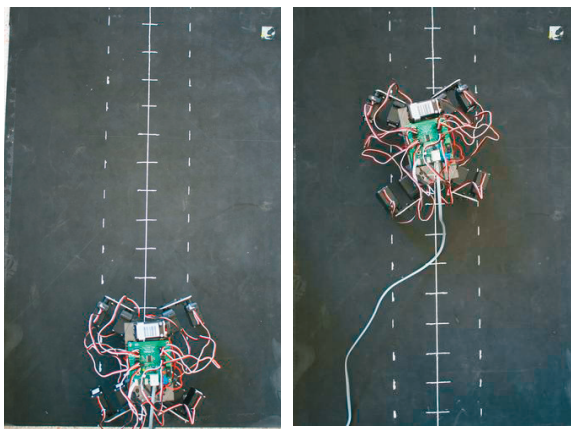
4. การทดสอบระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

4.1 ผลของชุดโปรแกรมควบคุมการเดิน

จากรูปที่ 8 แสดงหุ่นยนต์ที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการทดสอบการเดิน การควบคุมหุ่นยนต์แบบ 4 ขา โดยการทดลองการเดินโดยการกำหนด



รูปที่ 8 หุ่นยนต์ต้นแบบ

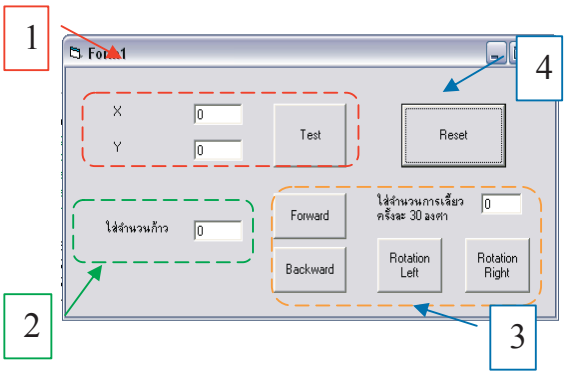


a) b)

รูปที่ 9 การทดลองการควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา a) ตำแหน่งเริ่มต้นเดิน b) ตำแหน่งเมื่อเดินไปได้ 6 ก้าว

ตำแหน่งการเดินที่อยู่บนพิกัด x - y โคออดิเนต และกำหนดจำนวนก้าวและทิศทางของการเดินให้กับหุ่นยนต์ โดยการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 9 แสดงการทดลองการควบคุมการเดินของหุ่นยนต์ แสดงการทดลองการควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา รูปที่ 9 a) แสดงตำแหน่งเริ่มต้นเดิน รูปที่ 9 b) แสดงตำแหน่งเมื่อเดินไปได้ 6 ก้าว โดยได้ทำการจำลองพื้นที่การเดินไว้เป็นแผ่นยางขนาด 20x30 ตารางนิ้ว โดยสร้างเส้นทางให้เห็นแนวเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมแล้วป้อนค่าจำนวนก้าวให้เดินตามจำนวนหรือทิศทางที่ต้องการโดยให้โปรแกรมที่เขียนไว้คำนวณมุมของขาแต่ละมุมของ



รูปที่ 10 การใช้ชุดโปรแกรมในการควบคุมการเดิน

เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวแล้วป้อนค่าเป็นสัญญาณส่งผ่านสายสัญญาณ RS-232 ส่วนแผ่นยางได้ทำการสร้างเส้นให้มีเส้นศูนย์กลางและเส้นตัดแต่ละเส้นห่างกัน 5 เซนติเมตรเพื่อให้เห็นตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดินในแต่ละก้าว

จากรูปที่ 10 แสดงหน้าต่างโปรแกรมควบคุมการเดินของหุ่นยนต์ โดยโปรแกรมการทำงานนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ของขาทั้ง 4 โดยการป้อนค่าพิกัด x และ y จากนั้นจึงกดปุ่ม Test จะทำให้ตัวหุ่นยนต์โยกไปในตำแหน่งที่กำหนดโดยที่ปลายขาทั้ง 4 ยังอยู่กับที่

2. ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าหรือถอยหลัง สามารถทำได้โดยการใส่จำนวนก้าวที่ต้องการ จากนั้นจึงกดปุ่ม Forward สำหรับเดินหน้า และ Backward สำหรับถอยหลัง

3. ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการสั่งงานให้หุ่นยนต์หันตัวไปทางซ้ายและขวา โดยการป้อนค่าจำนวนครั้งลงในช่อง โดยถ้าหากป้อนค่า 1 หุ่นยนต์จะหันไป 30 องศา

4. ส่วนควบคุมการ Reset ใช้ในการสั่งงานให้หุ่นยนต์อยู่ในสภาวะเตรียมพร้อม

5. สรุป

หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งได้อย่างถูกต้อง โดยจากการทดลองสามารถสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยกำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่ หรือใส่จำนวนก้าวให้หุ่นยนต์เดินได้อย่างแม่นยำและถูกต้องตามคำสั่งที่ป้อนเข้าไป แต่จะมีข้อผิดพลาดเมื่อการหุ่นยนต์ถูกควบคุมการเดินของด้วยความเร็วสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการก้าวเดิน ผิดพลาดไปจากแนวการเดินถูกต้อง ซึ่งเป็นการผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากตัวเซอร์โวมอเตอร์ แต่ถ้าหุ่นยนต์ถูกสั่งให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำความผิดพลาดก็จะมีน้อย นอกจากนี้แล้วหุ่นยนต์เดินแบบ 4 ขาสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ล้มในระหว่างก้าวขา ซึ่งการทรงตัวของหุ่นยนต์ในการก้าวขาแต่ละก้าวนั้นถูกออกแบบโดยใช้หลักการของการถ่ายมวลที่จุดศูนย์ถ่วงของขาทั้งสามในรูปของสามเหลี่ยม และหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะทางและทิศทางการเคลื่อนที่ ที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการก้าวเดินของแต่ละขาของหุ่นยนต์ถูกควบคุมการเคลื่อนที่ โดยใช้หลักการคำนวณหาตำแหน่งของขาของหุ่นยนต์โดยวิธีจนศาสตร์ผกผัน (Inverse Kinematics) เพื่อให้แต่ละขาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งการคำนวณจะใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้โดยการนำสมการคำนวณหาตำแหน่งมาเขียนโดยพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic เพื่อควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบ 4 ขา โดยใช้คอมพิวเตอร์ ส่วนแนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์แบบขานั้นสามารถพัฒนาได้หลายแนวทางซึ่งการพัฒนาดังที่ได้เสนอนี้เป็นการพัฒนาโดยใช้หลักการทางการวิเคราะห์และออกแบบโดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์มาใช้ในการออกแบบระบบเพื่อควบคุมตำแหน่งขาในการเดินของหุ่นยนต์ นอกจากแนวทางการพัฒนาหุ่นยนต์แบบขาดังที่ได้นำเสนอนั้นยังสามารถพัฒนารูปแบบการเดินได้อีกหลายทาง เช่น โดยอาศัยหลักการเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของการทำงานของสมองในการเรียนรู้และการจดจำ ส่วนการเคลื่อนที่หรือพฤติกรรมของหุ่นยนต์สามารถใช้หลักการของการทำงานของสิ่งมีชีวิตหรือที่เรียกว่า “Bio-inspired Robot” มาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนา

หุ่นยนต์แบบใหม่โดยใช้หลักการทางการคำนวณอัจฉริยะทางวิทยาศาสตร์ (Intelligent Computation Science)

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาพร ลักษณะเจริญ, *วิศวกรรมหุ่นยนต์ Robotics Engineering*, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[2] อภิชาติ ภู่พลับ, *เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic*, กรุงเทพมหานคร: thaidev.com.

[3] ธาริน สิทธิธรรมชารี, สร้างโปรแกรมบน *Windows ด้วย Visual Basic Version 6.0*, กรุงเทพมหานคร: Success Media.

[4] John J. Craig, *Introduction to Robotics Mechanics and Control*, United State of America: Pearson Prentice Hall.

[5] H. Lu, T. Mei, and R. Wang, M. Q.-H. Meng, "Application of Self-tuning Fuzzy PI+PD Controller in Joint DC Servo Motors of a Four-leg Robot," in *2004 IEEE Proceedings of International Conference on Information Acquisition*, pp. 520-523.

[6] M. Okada and S. Kino, "Torque Transmission Mechanism with Nonlinear Passive Stiffness using Mechanical Singularity," in *2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Pasadena, CA, USA*, pp. 1735-1740.

[7] A. Asbeck, S. Dastoor, A. Parness, and L. Fullerton, "Climbing rough vertical surfaces with hierarchical directional adhesion," in *2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Kobe, Japan*, pp. 2675-2680.