ระบบควบคุมแบบแม่นยำสูงสำหรับหุ่นยนต์ 3 ล้อเคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง

พิสิฐพงศ์ แป้นทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2560

High Precision Movement Control for Three Wheels Mobile Robot

Pisitpong Pantong

เลขทะเบียน 0242801
วันลงทะเบียน - 4 เม.ย. 2561
เลขเรียกหนังสือ อพ 629.8932 พ 7795 [2560]

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer and Telecommunication Engineering

College of Innovative Technology And Engineering,

Dhurakij Pundit University

2017

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบควบคุมแบบแม้นยำสูงสำหรับหุ่นยนต์ 3 ล้อเคลื่อนที่หลายทิศทาง

เสนอโดย นายพิสิฐพงศ์ แป้นทอง

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

..... คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

วันที่ 22 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมแบบแม่นยำสูงสำหรับหุ่นยนต์ 3 ล้อเคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง
ชื่อผู้เขียน	พิสิฐพงศ์ แป้นทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบขับเคลื่อนสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทางโดยนำระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพเข้ามาช่วยควบคุมการเคลื่อนที่เนื่องจากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ยังไม่มีการนำระบบที่ดีเข้ามาช่วยในการควบคุมทำให้การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการยังคงทำได้ยาก จึงต้องการที่จะเพิ่มความแม่นยำในการเคลื่อนที่รวมถึงช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามรูปแบบที่ต้องการได้โดยไม่จำเป็นต้องเลี้ยวหรือไม่ต้องกลับตัวเมื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางได้นำระบบควบคุม PID และ Fuzzy logic เข้ามาจัดการโดยใช้ PID สำหรับการควบคุมในส่วนของความเร็วแต่ละล้อเพื่อจัดการความเร็วให้ทำงานได้ตามเป้าหมายสำหรับการเคลื่อนที่แต่ละรูปแบบ และใช้ Fuzzy Logic ในการจัดการอัตราเร่งของหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับระยะทางที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่และจัดการอัตราการเบรกของหุ่นยนต์เมื่อเข้าใกล้เป้าหมาย

การเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางสามารถเคลื่อนที่ได้ตามรูปแบบที่กำหนดได้ดี โดยการทดสอบที่มีความหลากหลายทั้งการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง ทำให้เห็นประสิทธิภาพการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางได้ ซึ่งการเคลื่อนในรูปแบบต่าง ๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการควบคุมโดยทั่วไปทำให้เห็นความแตกต่างอย่างจัดเจนว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทางที่มีระบบ PID และ ระบบ Fuzzy Logic เข้ามาช่วยนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำในทุกรูปแบบโดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% ของระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และสามารถทำเวลาในการเคลื่อนที่ได้ดีกว่าถึง 17% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบควบคุมโดยทั่วไปที่สามารถหยุดจอดได้ดีที่สุดที่ระยะทางเท่ากัน

Thesis Title	High Precision Movement Control for Three Wheels Mobile Robot
Author	Pisitpong Pantong
Thesis Advisor	Narongdech Keeratipranon, Ph.D
Degree	Master of Engineering
Major	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2016

Abstract

This research is designed and developed regarding drive systems for multi-directional mobile robot by bringing effective controls to help control the movement. Because of the movement of most robots, they don't have a good system to control it. This makes moving to the desired location difficult. They need to increase the precision of the movement to allow the robot to move in the desired format and reduce the need to turn the robot before any change of direction in movement.

The movement has introduced PID control and Fuzzy logic to handle this by using the PID for speed control on each wheel, to manage the speed for working on the target for each movement, and to use Fuzzy Logic to manage the acceleration of the robot to match the distance the robot is moving and handling. The braking rate of a robot when approaching a target is also taken into consideration.

Multi-directional movement can be performed in a given pattern by testing a variety of linear motion and curved motion. The robot can move in several directions. The difference in movement compared to the conventional control unit makes it very different and multi-directional robots with PID and Fuzzy Logic can move precisely in all shapes. Models with a durability of no more than 5% of the distance traveled, and it can handle up to 17% travel time compared to conventional control systems, which at best stops at the same distance.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอบคุณอาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ ที่ให้ความคิดเห็นในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ ขอบคุณอาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์และ รศ.ดร.ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี ซึ่งได้ให้คำชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ส่วนหนึ่งของความสำเร็จในครั้งนี้ก็มาจากเพื่อนๆ ที่คอยแนะนำ และเป็นกำลังใจรวมถึงคุณแม่ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาที่จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายสุดนี้ประโยชน์และความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเสริมสร้างกำลังกาย กำลังใจให้ จนการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

พิสิฐพงศ์ แป้นทอง

DPU

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ภาพรวมของระบบ 3
1.6 อุปกรณ์ 3
1.7 การทดสอบ 3
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ 5
2.1.1 การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ 5
2.1.2 การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสายพาน 6
2.1.3 การเคลื่อนที่โดยใช้ขา 7
2.1.4 การเคลื่อนที่โดยการบิน 7
2.1.5 การเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่น 8
2.2 ระบบควบคุม 9
2.2.1 ระบบควบคุมแบบเปิด 9
2.3 การควบคุมที่ใช้ Fuzzy ในการควบคุม 13
2.4 Fuzzy ในการควบคุมหุ่นยนต์ 15
2.5 ระบบ Sensor ในการตรวจจับตำแหน่ง 16
2.5.1 เอ็นโคดเดอร์) Encoder) 16

2.6 ระบบล้อทุกทิศทางและการควบคุม 19
2.6.1 ล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง 19
2.6.2 หลักการในการเคลื่อนที่ของล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง 19
2.7 สรุป 21
3. การออกแบบและพัฒนา 23
3.1 ภาพรวมของงาน 23
3.2 การออกแบบโครงสร้าง 25
3.3 ระบบ Sensor และอิเล็กทรอนิคส์ 27
3.4 การควบคุมล้อแบบหลายทิศทาง 30
3.5 การประยุกต์ใช้ Fuzzy control 31
3.6 ชุดโปรแกรมเพื่อการควบคุม 35
3.7 ฟังก์ชั่นสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทางแบบสามล้อ 36
3.8 สรุป 37
4 ผลการศึกษา 39
4.1 ผลการดำเนินงาน 39
4.3 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม 46
4.4 การเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S 48
4.5 การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม 50
4.6 สรุป 52
5 สรุปผลการศึกษา 54
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 54
5.2 สรุปผลการวิจัย 54
5.3 ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไข 55
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนาในอนาคต 56
บรรณานุกรม 57
ประวัติผู้เขียน 59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเชื่อมต่อบอร์ดขับมอเตอร์ดีซี	29
2	ตารางการสร้างเงื่อนไขหรือกฎการควบคุม	34
3	ตารางข้อมูลลักษณะของหุ่นยนต์	37
4	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ที่มีการใช้ระบบควบคุมที่แตกต่างกัน	45
5	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่วิธีโค้ง	50

DPU

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ภาพรวมของระบบ	3
2	การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ	6
3	การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสายพาน	6
4	การเคลื่อนที่โดยใช้ขา	7
5	การเคลื่อนที่โดยการบิน	8
6	การเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่น	8
7	พื้นฐานระบบควบคุม	9
8	ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด	10
9	ระบบควบคุมแบบลูปเปิด	11
10	ระบบควบคุมแบบลูปปิด	12
11	ข้อมูลดั้งเดิมกับข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย model ทางคณิตศาสตร์	14
12	ข้อมูลของระบบที่ได้จาก PI controller ทั่วไป	14
13	ข้อมูลที่ได้จาก fuzzy PI controller แบบใหม่	15
14	ระบบควบคุมเครื่อง CPM โดย PD-like Fuzzy Controller	16
15	ระบบ Dc Servo Motor ที่มีการป้อนกลับตำแหน่งและความเร็ว	17
16	Incremental Encoder และสัญญาณ Pulse	17
17	absolute Encoder และสัญญาณ	18
18	ล้อแบบเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง	19
19	ลักษณะของการเคลื่อนที่แบบ 3 ล้อ	20
20	รายละเอียดการทำงาน	23
21	ลักษณะโครงสร้างของระบบขับเคลื่อน	25
22	ลักษณะโครงสร้างของระบบขับเคลื่อน	26
23	ล้อแบบเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง	26
24	มอเตอร์ขับเคลื่อน	27
25	บอร์ด AVR	27
26	บอร์ดขับมอเตอร์ดีซี แบบ H-Bridge รุ่น SE-HB40-1	29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
27	การเชื่อมต่อบอร์ดขับมอเตอร์ดีซี	29
28	UBEC เร็กกูเลเตอร์	30
29	ระบบควบคุมล้อ	30
30	แสดงการทำงานของ Fuzzy และ PID	31
31	กระบวนการทำงานของระบบ Fuzzy	32
32	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุตความเร็ว	32
33	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุตระยะทาง	33
34	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตอัตราเร่ง	33
35	ระบบการควบคุม	35
36	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ความเร็วคงที่ 50 cm/s	40
37	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ความเร็วคงที่ 120 cm/s	41
38	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงแล้วลดความเร็วเมื่อใกล้จุดหมาย	42
39	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ Fuzzy logic ควบคุมความเร็วระยะ 250 เซนติเมตร	43
40	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ Fuzzy logic ควบคุมความเร็วระยะ 300 เซนติเมตร	44
41	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ Fuzzy logic ควบคุมความเร็วระยะ 400 เซนติเมตร	44
42	รูปแบบการเคลื่อนที่เป็นวงกลม	46
43	การเคลื่อนที่เป็นวงกลม	47
44	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่เป็นวงกลม	47
45	รูปแบบการเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S	48
46	การเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S	49
47	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S	50
48	การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วยความเร็วคงที่ 120 cm/s	51
49	การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วย Fuzzy logic	52

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันหุ่นยนต์เป็นเรื่องที่มีการพัฒนาและมีการจัดรายการสำหรับการนำเสนอแนวคิดในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถทำงานตามภารกิจที่กำหนดซึ่งในการทำภารกิจจะมีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ในขอบเขตที่กติกาตั้งไว้เพื่อทำภารกิจให้สำเร็จสมบูรณ์ ซึ่งลักษณะของการเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายนั้นอาจจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปไม่ว่าจะเป็นเคลื่อนที่โดยใช้ล้อในการเดินตามเส้นหรือการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายโดยการใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับเพื่อบอกตำแหน่งและรูปแบบของการเคลื่อนที่ซึ่งล้อที่ใช้ในการเคลื่อนที่นั้นก็ต้องเหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่นั้นด้วย

งานวิจัยนี้มีในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระแบบหลายทิศทางโดยอาศัยความสามารถของล้อแบบหลายทิศทาง (Omni-direction wheel) และใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการตรวจสอบลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์แล้วนำค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์เข้ามาประมวลผลในระบบอีกทีเพื่อทำการปรับปรุงการทำงานของหุ่นยนต์ให้ทำงานตอบสนองต่อคำสั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่โดยระบบควบคุมที่สามารถจะทำตามลักษณะที่ต้องการได้นั้นต้องเป็นระบบที่มีการป้อนกลับของสัญญาณที่จำเป็นในการควบคุมหรือที่เรียกว่าการควบคุมแบบปิดโดยนำระบบควบคุม PID และ Fuzzy logic เข้ามาช่วยในการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการสั่งงานอุปกรณ์ในหุ่นยนต์เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบที่ต้องการได้อย่างสมบูรณ์

1.2 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบโครงสร้าง ระบบอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมเพื่อควบคุมการขับเคลื่อนหุ่นยนต์แบบหลายทิศทาง
2. ออกแบบและติดตั้งระบบเซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบหลายทิศทาง

3. เปรียบเทียบความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบหลายทิศทางที่มีระบบควบคุมแตกต่างกัน
4. สร้างไลบรารีสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง

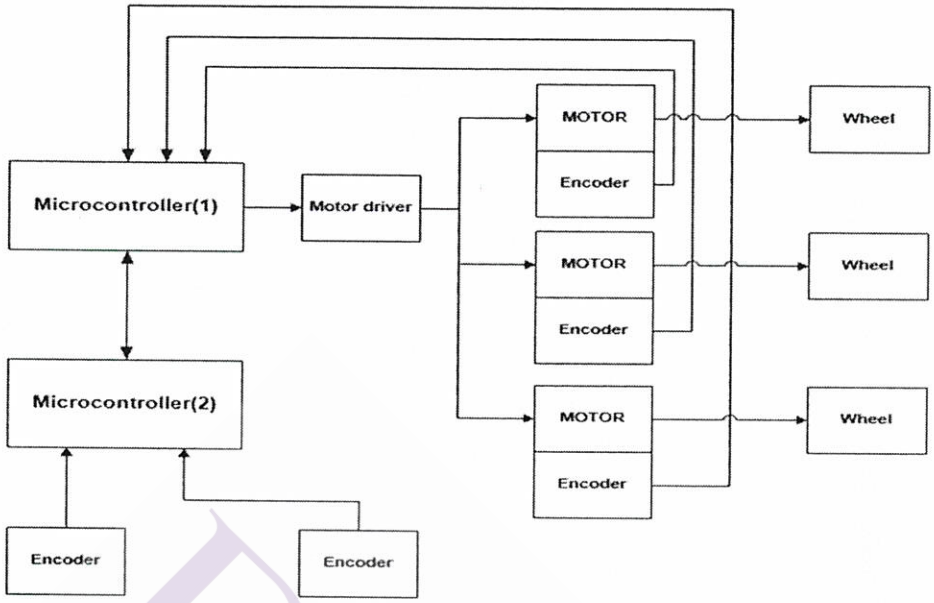
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. สามารถพัฒนาและสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางได้
2. สามารถเคลื่อนที่ได้ตามทิศทางและรูปแบบของการเคลื่อนที่ที่กำหนดได้โดยความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% ของระยะทางในการเคลื่อนที่
3. เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบตำแหน่งของหุ่นยนต์ประกอบด้วย Encoder sensor
4. ระบบการควบคุมที่ใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คือ PID Control และ Fuzzy control
5. โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา AVR Studio 6

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำให้กับการเคลื่อนที่ของหุนยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง
2. ได้ระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง
3. เพื่อนำไลบรารีไปใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกัน

1.5 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

1.6 อุปกรณ์

1.	DC Motor 24 V 250 rpm	3	ตัว
2.	Atmega2560	2	ตัว
3.	Driver Motor Circuit	3	ตัว
4.	Battery 12 v	3	ก้อน
5.	Encoder	5	ตัว

1.7 การทดสอบ

ในการทดสอบช่วงต้นจะทำการทดสอบระบบโดยการแยกการทดสอบออกเป็นส่วน ๆ ก่อนตามลำดับส่วนแรกคือชุดขับเคลื่อนโดยการนำเอามอเตอร์มาต่อเข้ากับชุดคอนโทรเลอร์เพื่อทำการทดสอบการทำงานของมอเตอร์ในเรื่องของทิศทางการหมุนของมอเตอร์แต่ละตัวและตรวจสอบการรับค่าจากเอ็นโค้ดเดอร์ที่ติดอยู่ที่ท้ายของมอเตอร์ว่าสามารถใช้งานได้เป็นปกติหรือไม่

ส่วนที่สองคือการเชื่อมต่อเพื่อศึกษาข้อมูลที่เซ็นเซอร์แต่ละชนิดส่งค่าออกมาเพื่อที่จะเตรียมข้อมูลเพื่อที่จะเตรียมนำไปใช้งานในลำดับต่อไป

ในการทดสอบระบบเบื้องต้นจะเป็นการกำหนดคำสั่งลงไปในโปรแกรมโดยตรงเพื่อดูการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งลงไปในตัวของหุ่นยนต์โดยรวมของระบบและอุปกรณ์ที่นำเข้ามาต่อพ่วงดูว่าสามารถทำงานร่วมได้เหมาะสมหรือไม่ในเบื้องต้น

DPU

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

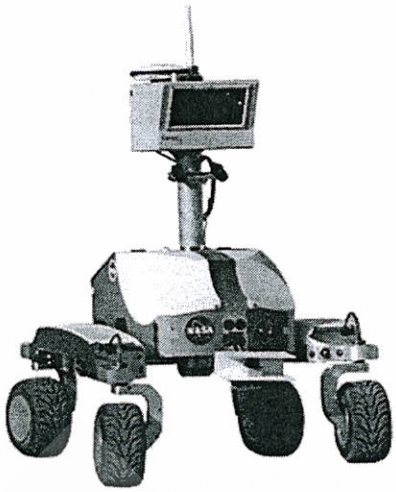
2.1 ระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยหลักแล้วจะพิจารณาออกแบบตามวัตถุประสงค์การใช้งาน และสภาพการทำงานของหุ่นยนต์เป็นสำคัญ หากหุ่นยนต์นั้นถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งงานส่วนใหญ่จะเป็นงานที่ทำในขอบเขตจำกัดและมีรูปแบบการทำงานในลักษณะเดิมซ้ำ ๆ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จึงไม่มีความจำเป็น ดังนั้นหุ่นยนต์จึงถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นแขนกลชนิดติดตั้งอยู่กับที่ แต่หากการทำงานเป็นไปในเชิงสำรวจ

ตรวจการณ์ หรืองานที่มีขอบเขตการทำงานที่กว้าง จำเป็นต้องอาศัยหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม หุ่นยนต์จะถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งการเคลื่อนที่ก็ยังมีการจำแนกออกมาอีกหลายรูปแบบเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานและเกิดความคล้องตัวในการทำงานแต่ละหน้าที่และลักษณะของงาน
นั้น ๆ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ได้ดังนี้

2.1.1 การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ

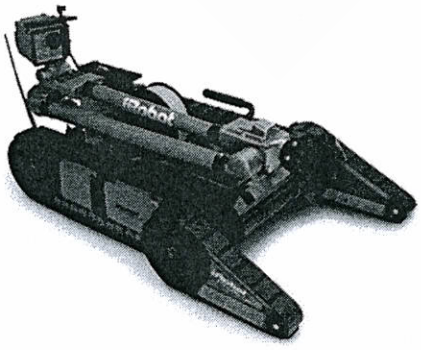
การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ (wheel-drive locomotion) คือหุ่นยนต์ที่ใช้ล้อในการเคลื่อนที่เหมาะสำหรับหุ่นยนต์ทั่วไปที่ใช้งานบนพื้นราบ โดยมีข้อดีคือ หุ่นยนต์จะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว การควบคุมง่าย ดังนั้นหุ่นยนต์ส่วนใหญ่จึงถูกสร้างให้เป็นหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่โดยใช้ล้อ สำหรับข้อจำกัดของการเคลื่อนที่ลักษณะนี้คือ หุ่นยนต์ไม่สามารถจะไปในพื้นที่ต่างระดับได้และยังเดินทางในพื้นที่ขรุขระไปได้อย่างยากลำบาก



รูปที่ 1 การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ

2.1.2 การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสายพาน

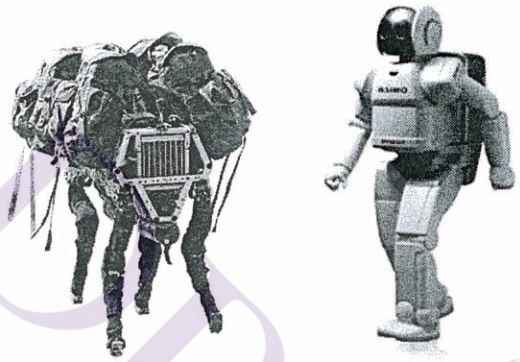
การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสายพาน (Track-drive locomotion) คือหุ่นยนต์ที่ใช้ล้อสายพานในการเคลื่อนที่ เหมาะสำหรับหุ่นยนต์ที่ใช้งานในพื้นที่ขรุขระ หรือพื้นที่ที่มีความต่างระดับ การควบคุมสามารถทำได้ง่ายเหมือนหุ่นยนต์ล้อทั่วไป ส่วนข้อจำกัดคือหุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นผิวบริเวณที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปเนื่องจากการตะกุยของล้อสายพานอาจทำให้เกิดร่องรอยบนพื้นได้ง่าย



รูปที่ 2 การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสายพาน

2.1.3 การเคลื่อนที่โดยใช้ขา

การเคลื่อนที่โดยใช้ขา (Legged locomotion)) คือหุ่นยนต์ที่ใช้ขาในการเคลื่อนที่ โดยเลียนแบบมาจากสิ่งมีชีวิต เช่น หุ่นยนต์เดินสี่ขา หรือหุ่นยนต์เดินสองขา ข้อดีของหุ่นยนต์ที่ใช้ขาคือหุ่นยนต์สามารถไปได้ในทุกที่ ทุกสภาพพื้นผิว สามารถที่จะก้าวข้ามผ่านสิ่งกีดขวางต่างๆได้ มีความสามารถในการเคลื่อนที่ดีกว่าล้อ ส่วนข้อจำกัดคือ การเคลื่อนที่ช้า การควบคุมทำได้ยากลำบากกว่าการเคลื่อนที่แบบใช้ล้อมาก และการรักษาสมดุลเป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับหุ่นยนต์ประเภทนี้ โดยเฉพาะหุ่นยนต์ที่ใช้สองขาในการเคลื่อนที่



รูปที่ 3 การเคลื่อนที่โดยใช้ขา

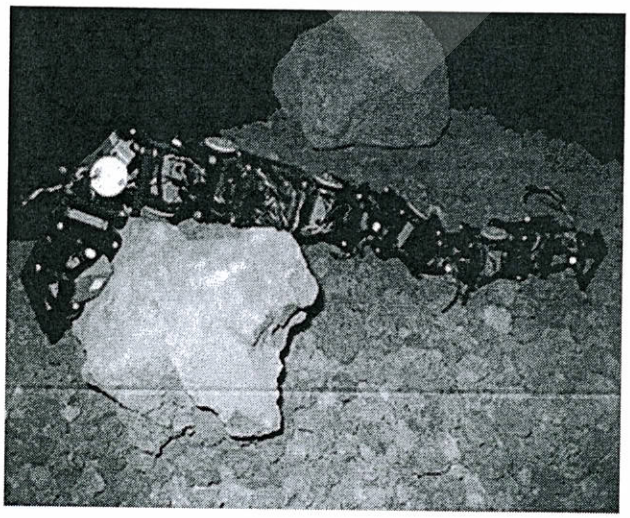
2.1.4 การเคลื่อนที่โดยการบิน

การเคลื่อนที่โดยการบิน (Flight locomotion) คือ หุ่นยนต์ที่ใช้ปีกหรือใบพัดในการเคลื่อนที่ หรือเรียกว่า หุ่นยนต์บิน ข้อดีของหุ่นยนต์บินคือ เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว และสามารถเข้าไปในพื้นที่เสี่ยงภัยหรือพื้นที่ที่เข้าถึงลำบากซึ่งงานส่วนใหญ่ของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือ การสำรวจ หรือการตรวจการณ์ แต่มีข้อควรระวังคือเนื่องจากหุ่นยนต์บินมีระยะในการปฏิบัติงานได้ค่อนข้างไกล การควบคุมจากระยะไกลจึงเข้ามามีบทบาทอย่างมาก หากมีระบบการควบคุมไม่ดีพออาจทำให้เกิดความเสียหายต่อหุ่นยนต์ได้

รูปที่ 4 การเคลื่อนที่โดยการบิน

2.1.5 การเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่น

การเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่น (Other locomotion) คือหุ่นยนต์ที่ไม่ใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่เช่น หุ่นยนต์งูจะใช้การรวมแรงลัพธ์ที่เกิดจาการบิดเคลื่อนที่ไปมาในแต่ละข้อ ขับดันให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ข้อดีของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือ สามารถไปได้ในทุกสภาพพื้นผิว ขึ้นที่สูงได้ และยังมีความสามารถในการเข้าที่แคบจึงสามารถปฏิบัติงานได้อย่างหลากหลาย และข้อดีอีกอย่างของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือในแต่ละข้อต่อของหุ่นยนต์ที่ประกอบกันจะเหมือนกัน ดังนั้นถ้ามีบางข้อต่อที่เกิดความเสียหายขึ้น จะสามารถแทนด้วยข้อต่ออื่นได้ทันที



รูปที่ 5 การเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่น

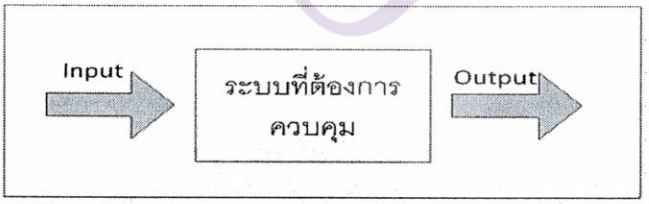
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ต้องคำนึงถึงวิธีการหรือรูปแบบของการเคลื่อนที่ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานในการเคลื่อนที่ต่ำสุด เพื่อให้หุ่นยนต์มีความสามารถในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ หรือเพื่อให้เกิดเสถียรภาพในขณะเคลื่อนที่

2.2 ระบบควบคุม

ระบบควบคุม[ii] คือรูปแบบของระบบใด ๆ ที่มีการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบเพื่อให้มีผลตอบสนองของระบบเป็นไปตามที่ต้องการส่วนมากอาศัยพื้นฐานทฤษฎีระบบเชิงเส้นมาช่วยในการวิเคราะห์พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล (Cause-effect) ของแต่ละองค์ประกอบของระบบไม่ว่าระบบควบคุมนี้จะมีความซับซ้อนเพียงใดก็ตาม พื้นฐานของระบบควบคุมจะมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

- วัตถุประสงค์ของการควบคุม (Input)
- กระบวนการ , ขั้นตอน , หลักที่ใช้ในการควบคุม (Process)
- ค่าที่ได้รับจริง (Output)

ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐานสำหรับการควบคุมไม่ว่าจะนำไปใช้ในสถานการณ์รูปแบบใด โดยส่วยใหญ่รูปแบบก็จะใช้รูปแบบลักษณะนี้ จากองค์ประกอบต่าง ๆ สามารถนำมาเขียนแทนด้วยภาพบล็อกไดอะแกรมอย่างง่าย ๆ

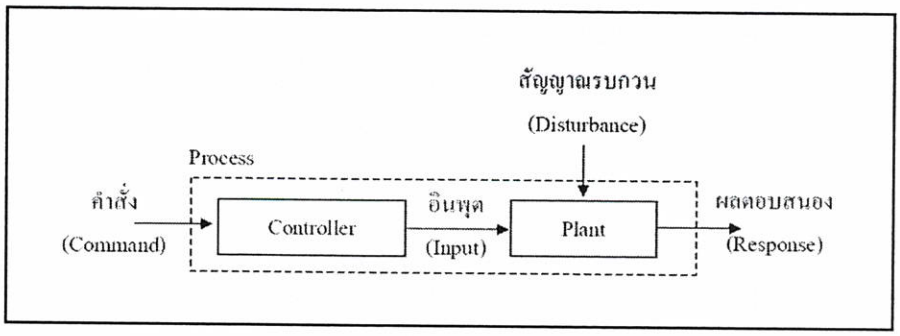


รูปที่ 6 พื้นฐานระบบควบคุม

ระบบควบคุมที่รู้จักกันทั่วไปนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบซึ่งได้แก่ ระบบควบคุมแบบเปิดและระบบควบคุมแบบปิดโดยแต่ละแบบก็จะเหมาะกับงานที่แตกต่างกันออกไป

2.2.1 ระบบควบคุมแบบเปิด

ระบบควบคุมแบบเปิด (Open loop Control system)[iii] ลักษณะทั่วไปของระบบควบคุมแบบวงรอบเปิดจะเป็นไปตามรูปที่ 8 ในการควบคุม

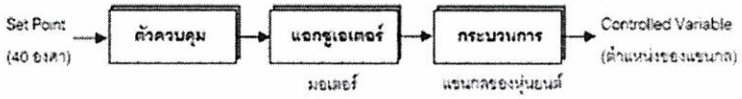


รูปที่ 7 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

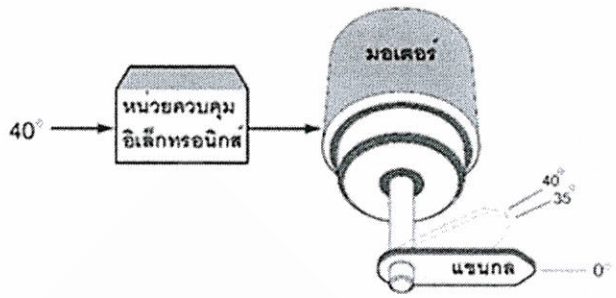
แบบวงรอบเปิด ตัวควบคุม (Controller) จะส่งสัญญาณป้อน (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (Plant)ตามคำสั่งหรือสัญญาณอ้างอิง (Command or referent) ที่รับมา โดยที่ตัวควบคุมจะอนุมานว่าเมื่อสิ่งที่ต้องการควบคุมได้รับสัญญาณป้อนแล้วนั้น ก็จะผลิตเอาต์พุตหรือผลตอบสนอง (Response) ให้ได้ตามที่คาดหมายไว้โดยที่ไม่ต้องทำการตรวจสอบสัญญาณเอาต์พุตจริง ว่าเป็นไปตามคำสั่งหรือไม่ การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ถ้าหากนำการควบคุมแบบเปิดมาใช้ ตัวควบคุมจะมีความเป็นอิสระในการคำนวณค่าที่แน่นอนของแรงดันหรือกระแสที่ต้องการโดยแอกชูเอเตอร์เพื่อการทำงานและการส่งสัญญาณ แต่อย่างไรก็ตามตัวควบคุมจะไม่มีทางรู้ค่าจริงถ้าแอกชูเอเตอร์ทำงานโดยการสมมุติขึ้น เนื่องจากไม่มีการป้อนกลับ (Feedback) นั่นเอง ระบบนี้จะทำงานได้อย่างสมบูรณ์ต้องขึ้นอยู่กับตัวควบคุม ที่ต้องรู้คุณสมบัติการทำงานของตัวแอกชูเอเตอร์

ดังรูปที่ 9 แสดงระบบควบคุมแบบลูปเปิด โดยให้แอกชูเอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนแขนกลของหุ่นยนต์

ในกรณีนี้กระบวนการคือการเคลื่อนที่ของแขนกลและ Controlled Variable คือตำแหน่งมุมของแขนกลที่ 5 องศา/วินาที (deg/s) ที่อัตราของแรงดัน สมมุติให้ตัวควบคุมคือทิศทางการเคลื่อนที่ของแขนกลจาก 0° ถึง 40°ทราบคุณสมบัติของกระบวนการคือ ตัวควบคุมส่งเพาเวอร์พัลส์ให้กับมอเตอร์ 8 วินาที ถ้ามอเตอร์หมุนอย่างเที่ยงตรง 30° ใน 8 วินาทีและหยุด โดยมีรายละเอียดเฉพาะอีกอย่างคือ เป็นวันที่อากาศเย็น และการหล่อลื่นมีความเหนียวไปทำให้เกิดความฝืดขึ้นภายในมากเกินไป ทำให้มอเตอร์หมุนได้เพียง 35° เท่านั้นใน 8 วินาที ผลก็คืออีก 5° เกิดการผิดพลาด ตัวควบคุมจึงไม่มีทางรู้เลยว่าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นและไม่มีการทำการแก้ไขให้ถูกต้อง



(ก) บล็อกไดอะแกรม



(ข) แสดงตำแหน่งอย่างง่ายของระบบแบบลูปเปิด

รูปที่ 8 ระบบควบคุมแบบลูปเปิด

ระบบควบคุมแบบลูปเปิดมักจะถูกนำไปใช้งานกับแอกชูเอเตอร์ ที่มีการทำงานแบบซ้ำ ๆ และมีความเชื่อถือได้สูง ซึ่งรีเลย์และสเต็ปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ซึ่งมีคุณสมบัติตามข้อนี้ จึงมักจะถูกนำมาใช้กับระบบควบคุมแบบลูปเปิด ส่วนแอกชูเอเตอร์ที่เป็นมอเตอร์หรือวาล์วอัตราการไหลบางครั้งก็มีการนำมาใช้งานกับระบบควบคุมแบบลูปเปิดด้วยเหมือนกัน แต่จะต้องมีการสอบเทียบและทำการปรับอยู่อย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบการทำงานมีความถูกต้องแม่นยำที่สุด

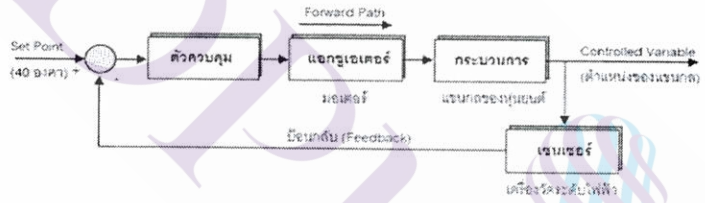
2.2.2 ระบบควบคุมแบบปิด

ในระบบควบคุมแบบวงปิดมีการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้กับสิ่งที่ต้องการผลต่างระหว่างทั้งสองสิ่งนี้ เรียกว่าความผิดพลาดของระบบ (Error) ซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นสัญญาณส่งไปยังตัวควบคุม(Controller) เพื่อที่จะแก้ไขให้สิ่งที่ได้เข้าใกล้กับสิ่งที่ต้องการมากที่สุดจะเห็นว่าในระบบนี้มีการป้อนกลับ (Feedback) ในระบบนี้สัญญาณออกยังมีชื่อเรียกว่าตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) และสัญญาณป้อนเข้าเรียกว่า ตัวแปรอ้างอิง (Reference Variable) ข้อแตกต่างที่สำคัญจากระบบเปิดก็คือ

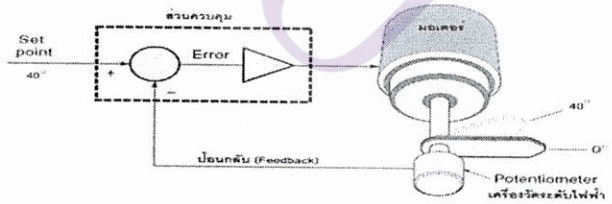
"มีการเปรียบเทียบ" และการเปรียบเทียบนี้เองทำให้ระบบปิดมีความสามารถในการให้สัญญาณออกใกล้กับที่ต้องการได้อย่างอัตโนมัติโดยที่ระบบควบคุมแบบลูปปิด ทางด้านเอาต์พุต

ของกระบวนการ (Controlled Variable) จะมีตัวเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับอยู่ตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 10 (ก) เป็นตัวอย่างการทำงานของเซนเซอร์ทางด้านเอาต์พุตของระบบ ซึ่งทำการวัดค่าและแปลงค่าที่วัดได้นี้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งกลับไปยังตัวควบคุม (Controller) ตัวควบคุมจึงรู้ว่าระบบต้องการทำอะไร ซึ่งสัญญาณที่ผ่านจากตัวควบคุมเข้าสู่แอกชูเอเตอร์ ก็คือ Forward Path และสัญญาณจากตัวเซนเซอร์ไปสู่ตัวควบคุมก็คือการป้อนกลับ (Feedback) (ซึ่งเป็นการปิดลูปนั่นเอง) ดังรูปที่ 10(ก) สัญญาณป้อนกลับจะเป็นลบถ้าเทียบจาก Set Point (มองจากด้านหน้าของตัวควบคุม)

โดยค่าลบที่ได้เป็นตำแหน่งจริง (ซึ่งบันทึกจากเซนเซอร์) จากตำแหน่งที่ต้องการ (ถูกกำหนดขึ้นโดย Set Point) เราจึงได้ความผิดพลาดของระบบ ซึ่งตัวควบคุมจะทำงานตลอดเวลาเพื่อให้สัญญาณความผิดพลาดนี้มีค่าน้อยที่สุด ถ้าความผิดพลาดเป็นศูนย์หมายความว่าทางด้านเอาต์พุตจะมีค่าที่ถูกต้องตรงกับค่าความต้องการของ Set Point



(ก) บล็อกไดอะแกรม



(ข) แสดงตำแหน่งอย่างง่ายของระบบแบบลูปปิด

รูปที่ 9 ระบบควบคุมแบบลูปปิด

การใช้กลยุทธ์การควบคุม สามารถใช้ได้ทั้งแบบที่ง่ายและซับซ้อน ตัวควบคุมจะมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด กลยุทธ์การควบคุมอย่างง่ายคือการที่ตัวควบคุมสามารถบังคับให้แอกชูเอเตอร์ทำงานหรือไม่ทำงาน ดังตัวอย่างของเทอร์โมสตัตที่อยู่ในเตาหลอมทำการเปิดและปิดเพื่อ

รักษาค่าคงที่ของอุณหภูมิ หรือกลยุทธ์การควบคุมที่ซับซ้อนไปกว่านั้นก็คือการที่ตัวควบคุมสามารถปรับแรงของแอกชูเอเตอร์เพื่อให้ตรงตามความต้องการของโหลดดังแสดงตามตัวอย่างที่ 2 ตัวอย่างที่ 2

ตามตัวอย่างของระบบควบคุมแบบลูปปิด โดยพิจารณาถึงแขนกลของหุ่นยนต์ที่ 0° (ดูรูปที่ 10ข) ขณะนี้เครื่องวัดระดับไฟฟ้าถูกต่อโดยตรงอยู่กับแกนของมอเตอร์ซึ่งกำลังหมุน เครื่องวัดระดับไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง โดยค่าความต้านทานถูกเปลี่ยนไปเป็นแรงดันและต่อมาก็ทำการป้อนกลับให้กับตัวควบคุม

คำสั่งของแขนกลคือ 40° แรงดันจุด Set Point ตรงกันที่ 40° ถูกส่งมายังตัวควบคุม เพราะว่าตำแหน่งของแขนกลจริง ๆ ยังอยู่ที่ 0° สัญญาณความผิดพลาดกระโดดไปสู่ 40° สุดท้ายตัวควบคุมทำการสตาร์ทและขับเคลื่อนมอเตอร์ในทิศทางที่ลดความผิดพลาด คือตำแหน่งของแขนกลที่ 40° ตัวควบคุมทำการลดความเร็วมอเตอร์ลง

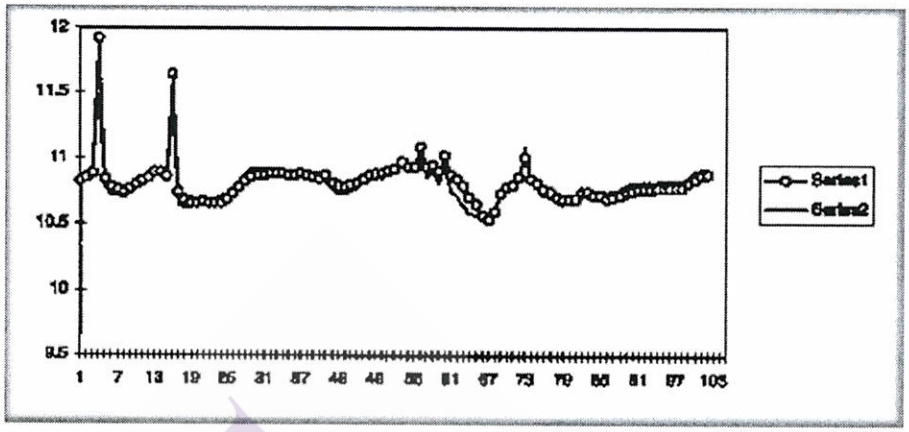
เมื่อแขนกลมาถึงตำแหน่งที่ 40° มอเตอร์จึงหยุด ถ้าในเวลาต่อมา แรงเคลื่อนสุดท้ายของแขนกลหยุดที่ตำแหน่ง 40° สัญญาณผิดพลาดจะปรากฏขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และมอเตอร์จะหมุนแขนกลอีกครั้งไปที่ตำแหน่ง 40oเช่นเดิม

จะเห็นได้ว่าการตรวจสอบความถูกต้องด้วยตนเองของระบบควบคุมแบบลูปปิดจะทำได้ดีกว่าระบบการควบคุมแบบลูปเปิดกับการใช้งานส่วนใหญ่ แม้จะต้องมีการเพิ่มเติมฮาร์ดแวร์บางตัวเข้าไปบ้าง เนื่องจากว่าระบบการควบคุมแบบลูปปิดมีความน่าเชื่อถือสูง สามารถทำซ้ำกระบวนการได้ดีกว่านั่นเอง

2.3 การควบคุมที่ใช้ Fuzzy ในการควบคุม

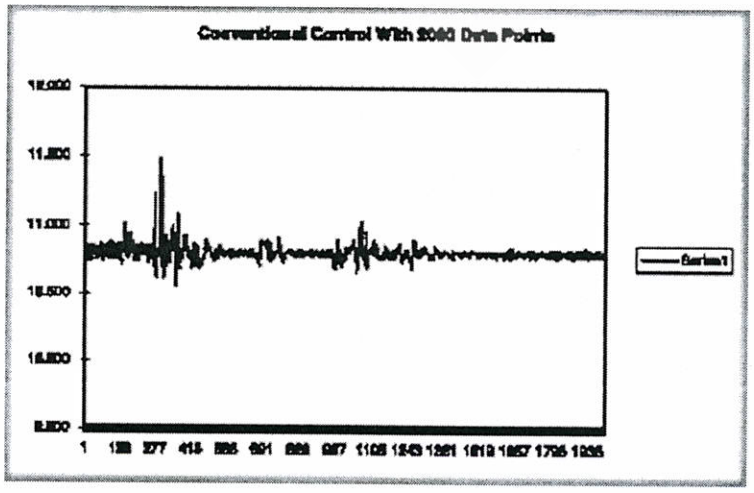
ระบบที่นำ Fuzzy เขามาช่วยในการควบคุมปัจจุบันของตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนไม่ว่าจะเป็นการทำงานเครื่องซักผ้า การให้ความรอบของไมโครเวฟ หรือการควบคุมการทำงานของหม้อหุงข้าวก็มีการนำระบบที่มี Fuzzy logic เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์ การพัฒนา Fuzzy Proportional-Integral-Derivative (PID) Controller [4] เพื่อใช้สำหรับต้มน้ำให้เป็นไอเพื่อใช้ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบกับ PID ทั่วไปที่ใช้อยู่ข้อมูลจริงที่ใช้ในการทดสอบและเปรียบเทียบประกอบด้วย 2227 จุดจากการควบคุมระดับน้ำที่ใช้ในการต้ม ส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้คือ UH simulation ที่จำนวนข้อมูล 200 บิต sample ตั้งแต่ #200 ถึง #400 ซึ่งเก็บ

ค่าการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของการกระทำ โดยการใช้สมการกำลัง 8, UH ออกแบบ Model ทางคณิตศาสตร์สำหรับทั้ง PID แบบทั่วไปและ Fuzzy PID ที่ซึ่งข้อมูลถูกต้องด้วยประสิทธิภาพ 87.97 % และ Standard Deviation 0.049 ข้อมูลดั้งเดิมกับ Model ทางคณิตศาสตร์เป็นไปตามรูป

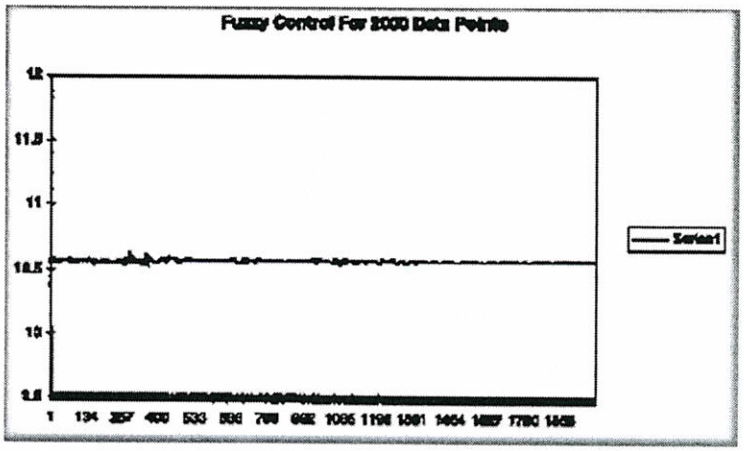


รูปที่ 10 ข้อมูลดั้งเดิมกับข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย MODEL ทางคณิตศาสตร์

ใช้ model ทางคณิตศาสตร์นี้ run ข้อมูลจริงจำนวน 2000 ข้อมูลทำให้เกิดผลจาก PI controller ทั่วไปดังรูป ในทางตรงกันข้าม ข้อมูลจำนวน 2000 ข้อมูลที่ถูกควบคุมด้วย UH fuzzy PI controller แสดงในรูปที่ 13 ในขบวนการของ fuzzy PI นั้น fuzzy proportional gain (Kp) มีค่าเท่ากับ 10.0 และ fuzzy integral controller gain (Ki) มีค่าเท่ากับ 0.05 ผลของการรันครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า output มีความเสถียรกว่า output ที่ได้จาก PI controller ทั่วๆไป การปรับปรุงนี้เป็นสิ่งที่สำคัญมาก



รูปที่ 11 ข้อมูลของระบบที่ได้จาก PI controller ทั่วไป

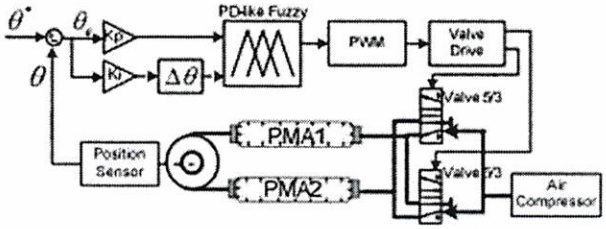


รูปที่ 12 ข้อมูลที่ได้จาก FUZZY PI CONTROLLER แบบใหม่

2.4 Fuzzy ในการควบคุมหุ่นยนต์

การควบคุมโดยการใช้ Fuzzy logic [5] เป็นรูปแบบหนึ่งของตรรกศาสตร์ที่นำเอา boolean logic มาใช้ในการนิยามเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน ความสำคัญของการใช้ Fuzzy logic อยู่ที่โดยธรรมชาติแล้วการให้เหตุผล หรือการระบุค่าโดยอาศัยเหตุผลตามสามัญสำนึกของคนเราส่วนใหญ่มักจะเป็นไปในลักษณะของการประมาณมีการนำระบบ Fuzzy control เข้ามาใช้กับงานควบคุมหุ่นยนต์หลายประเภทเช่น การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดินสองขา หุ่นยนต์หกขา หุ่นยนต์เขาวงกต และอีกหลายประเภท

การออกแบบ PD like Fuzzy Controller ควบคุมกล้ามเนื้อลมขับเคลื่อนเครื่อง CPM ก็เป็นอีกงานที่นำ Fuzzy เข้ามามีส่วนในการตัดสินใจ ระบบควบคุม PD-like Fuzzy เป็นระบบควบคุมที่รวมเอาระบบควบคุม PD Controller กับ Fuzzy Controller เข้าด้วยกัน สามารถออกแบบระบบควบคุมได้ง่าย ไม่ต้องมีแบบจำลองของระบบและควบคุมระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี โดยในการออกแบบระบบควบคุมนี้จะใช้ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและปรับปรุงส่วนต่างๆ ซึ่งระบบควบคุม PD-like Fuzzy ดังแสดงในรูป



รูปที่ 13 ระบบควบคุมเครื่อง CPM โดย PD-like Fuzzy Controller

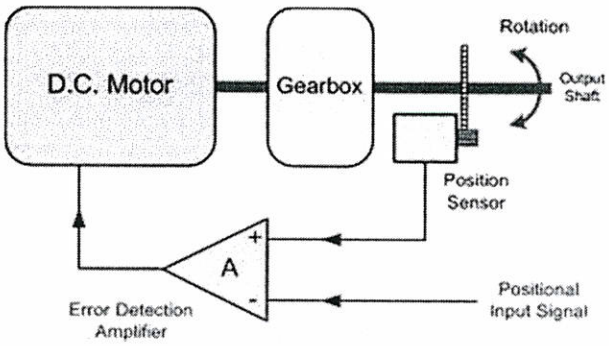
เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ มีอินพุต 2 ตัวคือ ค่าความผิดพลาด (error) และค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง(change of error) เอาต์พุตคือสัญญาณควบคุมระบบภายในระบบควบคุม PD-like Fuzzy จะประกอบไปด้วยอินพุตเซต (input set) เอาต์พุตเซต (output set) และกฎ (Rule Base) ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบ PD-like Fuzzy Controller เพื่อใช้ในการควบคุมกล้ามเนื้อลมขับเคลื่อนเครื่อง CPM ดังนี้คือ อินพุตเซตของความคลาดเคลื่อนจะมีสมาชิกอยู่ 5 เซต และจะใช้กฎของระบบ PD-like Fuzzy Controller และจะแปลงสัญญาณจาก fuzzy set ให้อยู่ในรูปค่าที่วัดได้ โดยการคำนวณแบบ Center of Maximum

2.5 ระบบ Sensor ในการตรวจจับตำแหน่ง

ระบบ Sensor ที่มีการติดตั้งให้กับหุ่นยนต์ต่าง ๆ ก็เปรียบเป็นเสมือนดวงตาในการใช้ตรวจตราสิ่งที่อยู่รอบข้างเพื่อใช้ในการปรับสภาพการทำงานของหุ่นยนต์ให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมที่กำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้นซึ่งเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้นั้นก็ต้องมีความเหมาะสมกับงานที่ทำด้วยจึงจะได้รับประโยชน์ในการใช้เซ็นเซอร์แต่ละชนิด

2.5.1 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)

ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ที่ดีต้องมีระบบคอนโทรลที่มีการป้อนกลับหรืออุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device) นั่นคือ Encoder[iv] เพื่อทำหน้าที่วัดความเร็ว (Speed) วัดตำแหน่ง (Position) ตลอดจนทิศทางการหมุน (Direction of Rotation) ให้ถูกต้องและแม่นยำ



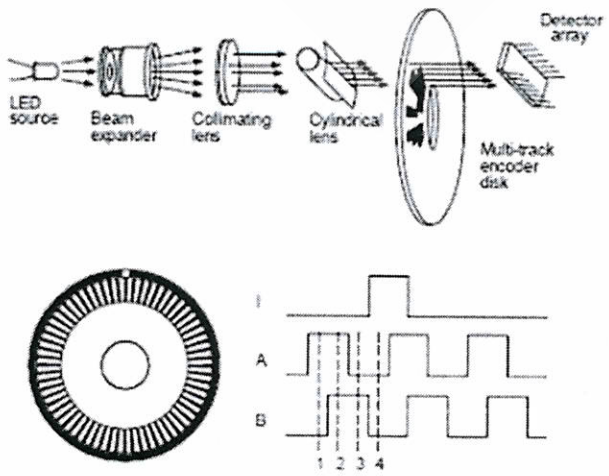
รูปที่ 14 ระบบ DC SERVO MOTOR ที่มีการป้อนกลับตำแหน่งและความเร็ว

Encoder ที่ใช้อยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- Incremental Encoder
- Absolute Encoder

2.5.1.1 Incremental Encoder

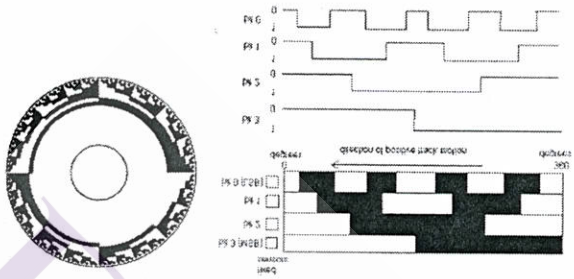
Incremental Encoder หรือโดยทั่วไปเรียกว่า Rotary Encoder จะสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่แปรผันตรงกับการหมุน ของเพลามอเตอร์ หรือจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับเพลาของมอเตอร์นั่นเอง โดย Rotary Encoder จะประกอบด้วยจานหมุน (Rotary Disk) และอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) โดยจานหมุนจะมีช่องเล็กๆ (Slit) เมื่อเพลาของมอเตอร์หมุนจะทำให้จานหมุนไปตัดลำแสงของ Sensor ทำให้ชุดรับแสงมีการรับสัญญาณเป็นช่วง ๆ จึงทำให้ สัญญาณเอาต์พุต (Output) มีลักษณะ pulse โดยแสดงดังรูปนี้



รูปที่ 15 INCREMENTAL ENCODER และสัญญาณ PULSE

2.5.1.2 Absolute Encoder

absolute encoder มีโครงสร้างแผ่นดิสก์พิเศษซึ่งมีลักษณะเป็น Gray Scales ความละเอียดตำแหน่งของ absolute encoder จะขึ้นกับจำนวนบิท absolute encoder จะให้ข้อมูลตำแหน่งค่อนข้างละเอียดและสามารถรายงานบอกตำแหน่งได้ทุกๆ จุดที่โรเตอร์หมุนเคลื่อนที่ไป ไม่มีปัญหาเรื่องจุดอ้างอิงกรณีที่ไฟดับหรือปิดเครื่อง แต่จะไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม เช่นการสั่นสะเทือนและฝุ่นควันนอกจากนั้นจานเข้ารหัสยังเปราะและแตกง่าย



รูปที่ 16 ABSOLUTE ENCODER และสัญญาณ

โครงสร้างจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง,ตัวจับแสงซึ่งถูกคั้นกลางด้วยแผ่นจานกลมๆที่มีการทำรูเจาะไว้รอบๆ แผ่น (จำนวนรูจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของ incremental encoder) และหน้ากากแยกช่องของสัญญาณพัลส์ A ,B และ Z สัญญาณพัลส์ที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วย 3 แทรค (tracks) คือ A ,B และ Z ดังรูปที่ XX พัลส์ที่เกิดจาก แทรค A และ B จะเกิดการเหลื่อมกันมีความต่างเฟสกัน 90 องศา เพื่อทำหน้าที่รายงานผลของความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้คอนโทรลเลอร์ ดังนี้

กรณีพัลส์ A เกิดขึ้นก่อน B คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางตามเข็มนาฬิกาแต่ถ้าหากพัลส์ B เกิดขึ้นก่อน A คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางทวนเข็มนาฬิกาส่วนแทรค Z หรือพัลส์อ้างอิง จะเกิดขึ้น 1 พัลส์ในการหมุน 1 รอบ ทำหน้าที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งของโรเตอร์ incremental encoder โดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้กับระบบเซอร์โวที่มีการควบคุมตำแหน่ง เนื่องจากไม่สามารถตำแหน่งเดิมได้กรณีที่มีการปิดเครื่องหรือไฟดับ ซึ่งจะต้องทำการหาจุดอ้างอิงใหม่ทุกครั้ง

2.6 ระบบล้อทุกทิศทางและการควบคุม

2.6.1 ล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง

ล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง[vi] คือล้อที่มีเกลียวพิเศษลักษณะเป็นลูกกลิ้งซึ่งติดเป็นมุมเท่าใดก็ได้ที่ไม่เท่ากับศูนย์ซึ่งลูกกลิ้งดังกล่าวจะเป็นตัวช่วยเพิ่มทิศทางโดยการเลื่อนไถล และไม่ต้องเพิ่มกลไกใดๆ ในแนวเดียวกับล้อ ซึ่งโครงสร้างหลักจะประกอบด้วยโครงล้อและลูกกลิ้งที่ทำมุมกับแกนล้อเป็นผลให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ในทุกแนวการเคลื่อนที่ที่ลูกกลิ้งวางตัวโดยจะหมุนอย่างอิสระและสัมผัสกับพื้นเมื่อล้อถูกหมุนความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้งจะทำมุมกับความเร็วเชิงมุมของล้อผลที่ได้คือที่ล้อสามารถขับเคลื่อนได้อย่างเต็มกำลัง แต่ยังจะเลื่อนด้านข้างได้อย่างง่ายดายมาก

รูปที่ 17 ล้อแบบเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง

2.6.2 หลักการในการเคลื่อนที่ของล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง

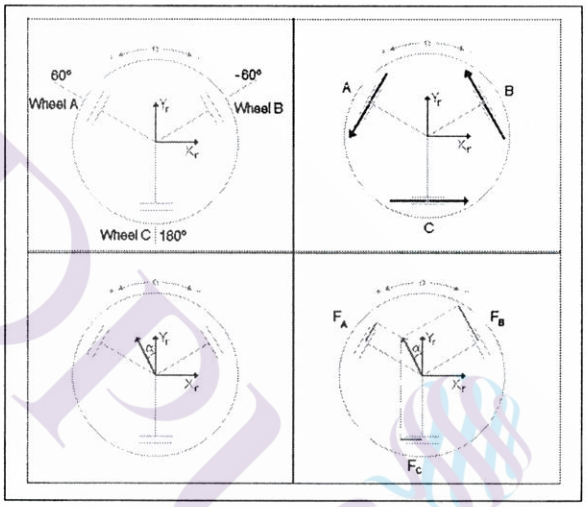
ล้อของ Omni จะพิเศษคือ มี roller อยู่รอบ ๆ ล้อ ในทิศทางการหมุนที่ตั้งฉากกับการหมุนของล้อ Omni ต้องใช้ล้ออย่างน้อย 3 ล้อ วางทำมุมกัน เนื่องจากในแต่ละล้อมี roller อยู่ จึงเกิดการเคลื่อนที่ได้ 2 แกนพร้อม ๆ กันในแต่ละล้อ คือ ตามแนวการหมุนของล้อ และตามแนวการหมุนของ roller เมื่อต้องการเคลื่อนที่ไปยังทิศใด ๆ ก็สามารถแตกความเร็วการเคลื่อนที่เข้าแนวการเคลื่อนที่ของล้อและของ roller ได้เสมอ ทำให้ omni สามารถเคลื่อนที่ไปยังทิศใด ๆ ก็ได้

สำหรับล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง (Omnidirectional wheel) แบบสามล้อ[vii] ล้อทั้งสามจะทำมุม 120 องศา โดยแต่ละล้อจะหมุนเป็นอิสระต่อกันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ในทุกทิศทางได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง ทางซ้าย ทางขวา และหมุนรอบตัวเอง โดยการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

เกิดจากทิศทางและความเร็วที่เหมาะสมของล้อทั้งสามล้อ(6) ที่จะทำให้เกิดแรงที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้

$$\vec{F}_T = \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C \quad (1)$$

การเคลื่อนที่จะเกิดจากความเร็วเชิงเส้นทิศทางเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมที่จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดทิศทางของการเคลื่อนที่



รูปที่ 18 ลักษณะของการเคลื่อนที่แบบ 3 ล้อ

พิจารณาว่าทางขับของสามล้อของหุ่นยนต์จะเป็น150,30 และ 279 องศา ตามลำดับ การทำงานของแต่ละมอเตอร์ของความเร็วเส้นตรงจะใช้จะได้

$$F_A = \text{velocity} \cdot \cos(150 - \text{Direction}) \quad (2)$$

$$F_B = \text{velocity} \cdot \cos(30 - \text{Direction}) \quad (3)$$

$$F_C = \text{velocity} \cdot \cos(270 - \text{Direction}) \quad (4)$$

เมื่อ	F	คือการทำงานของเวคเตอร์ของมอเตอร์
	A,B,C	มอเตอร์ตัวที่
	Velocity	คือความเร็วเส้นตรงของหุ่นยนต์ที่ต้องการเคลื่อนไหว
	Direction	คือ มุมในการเคลื่อนไหวที่ต้องการ

2.7 สรุป

ในการสร้างระบบขึ้นมานั้นต้องใช้องค์ประกอบที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นระบบไฟฟ้า, กลไกต่างๆ ที่จำเป็น รวมถึงระบบควบคุมที่เป็นตัวที่จะทำให้ระบบที่ออกมามีประสิทธิภาพได้อย่างที่ต้องการนั้นต้องอาศัยการทดลองและการศึกษาสิ่งที่เคยมีมาเพื่อนำมาปรับใช้ให้เกิดความเหมาะสมกับระบบที่จะพัฒนาขึ้น โดยระบบนี้จะมีการเคลื่อนที่แบบสามล้ออิสระเพื่อความคล่องตัวซึ่งจะมีความแตกแต่งจากระบบแบบสี่ตรงที่ระบบสามล้อไม่จำเป็นที่จะมีระบบช่วงล่างที่สามารถยืดหยุ่นก็สามารถทำงานได้ดีบนพื้นที่อาจจะไม่ค่อยเรียบมากนักได้ดีกว่าระบบสี่ล้อและมอเตอร์ที่เลือกใช้กับระบบนี้จะเป็นมอเตอร์ที่หาได้ง่ายตามท้องตลาดซึ่งแน่นอนว่าจะมีความแตกต่างกับมอเตอร์ที่มีราคาสูง ๆ ในเรื่องของอัตราเร่งของมอเตอร์แต่ละตัวกับความเร็วรอบนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนมากพอสมควรในส่วนนี้เราจึงเลือกที่จะนำระบบควบคุมที่เป็นระบบแบบปิดเข้ามาใช้เพื่อช่วยในการปรับอัตราเร่งและความเร็วของมอเตอร์ทั้งสามตัวให้ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กันและช่วยในเรื่องการตัดสินใจในการทำงานในแต่ละสถานการทั้งที่เราสามรถควบคุมปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบได้และควบคุมไม่ได้นั้นให้ระบบสามารถทำงานได้

---

[i] หุ่นยนต์,รองศาสตราจารย์ ดร. ชิต เหล่าวัฒนา และคณะ ผู้เขียน

[ii] ระบบควบคุม,สุชาติ จันทร์จรมานิตย์,สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,ปรับปรุง: 19 ก.ย. 2555

[iii] พื้นฐานของระบบควบคุมและการใช้งานในอุตสาหกรรม,ธิระศักดิ์ เสภากล่อม,ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, http://thailandindustry.com/guru/view.php?id=15851&section=9

[iv] วัดระยะการหมุน, http://bmesensor.blogspot.com/p/potentiometer-or-potentiometric.html

[v] อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device) : e-Industrial Technology Center,สุชิน เสือช้อย ,www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=2176

[vi] Omni wheels, https://en.wikipedia.org/wiki/Omni_wheel

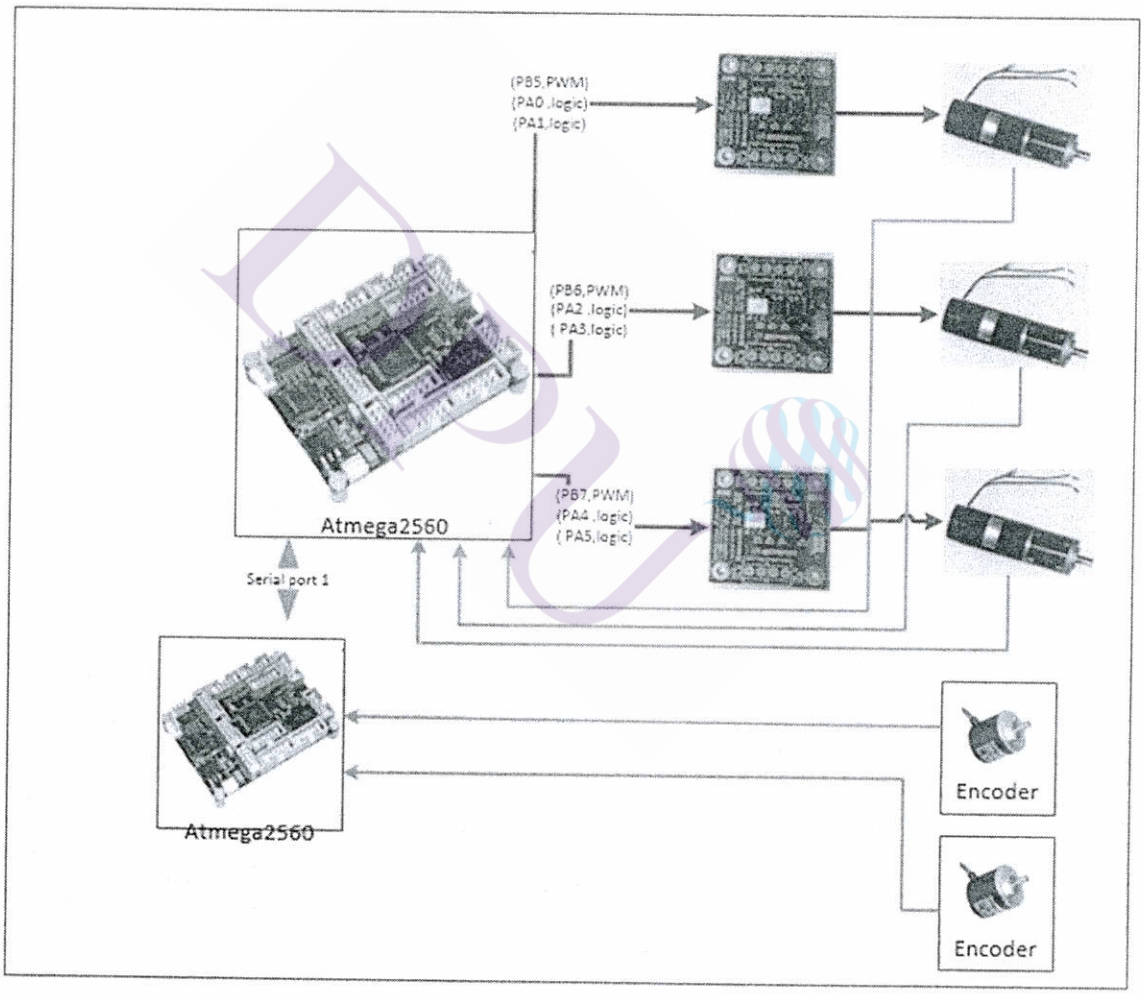
[vii] F. Ribeiro, I. Moutinho, P. Silva, C. Fraga, N. Pereira. THREE OMNI-DIRECTIONAL WHEELS CONTROL ON A MOBILE ROBOT

DPU

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนา

3.1 ภาพรวมของงาน



รูปที่ 1 รายละเอียดการทำงาน

ระบบการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางจะทำงานเป็นระบบปิดโดยนำค่าที่ได้รับจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้ามาช่วยในการทำงานมีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ระบบประมวลผลกลาง ระบบส่งกำลังและการขับเคลื่อน และเซนเซอร์ต่าง ๆ

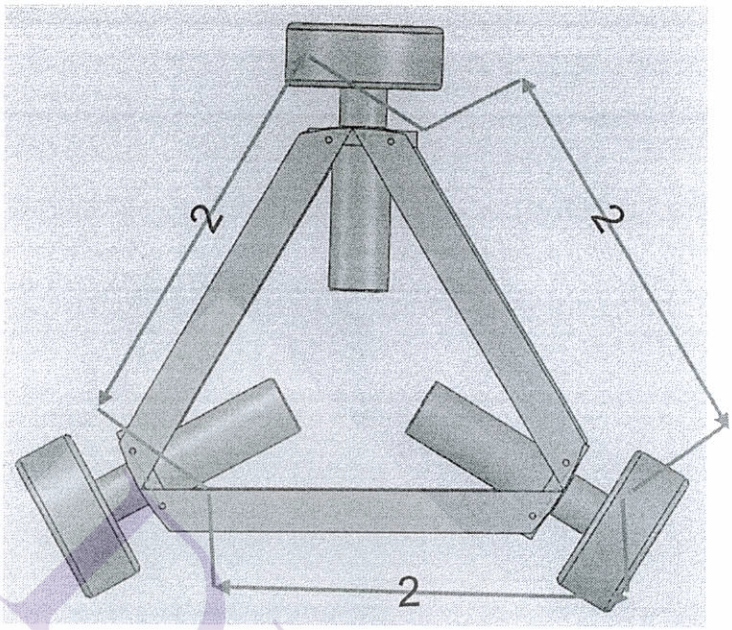
ระบบประมวลผลกลางเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูลของ AVR ใช้เป็นตัวกลางในการประมวลผลโดยจะมีการรับคำสั่งในข้างต้นจากผู้ใช้ระบบก่อนที่จะเริ่มทำงานซึ่งจะเป็นการกำหนดค่าเพื่อที่จะให้ระบบเริ่มทำงานโดยการระบบ ความเร็วอัตราเร่ง ลงไปเพื่อให้ระบบนำไปประมวลผลและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ระบบส่งกำลังและการขับเคลื่อนในโครงงานใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรงทั้งหมดสามตัวโดยแต่ละตัวจะสามารถทำงานได้อย่างอิสระเพื่อที่จะทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างสมบูรณ์มากขึ้นจึงได้นำล้อที่มีลักษณะที่จะสามารถเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทางเข้ามาใช้ (Omni direct wheel) โดยหลักการล้อประเภทนี้จะสามารถเคลื่อนที่ได้แปดทิศทางและเมื่อมีการเคลื่อนที่ไปพร้อมกันแต่ความเร็วต่างกันจะสามารถสร้างลักษณะการเคลื่อนที่ได้อย่างหลากหลายรูปแบบ

ระบบเซนเซอร์ต่างที่จะนำเข้ามาใช้การโครงงานนี้ในข้างต้นประกอบไปด้วย

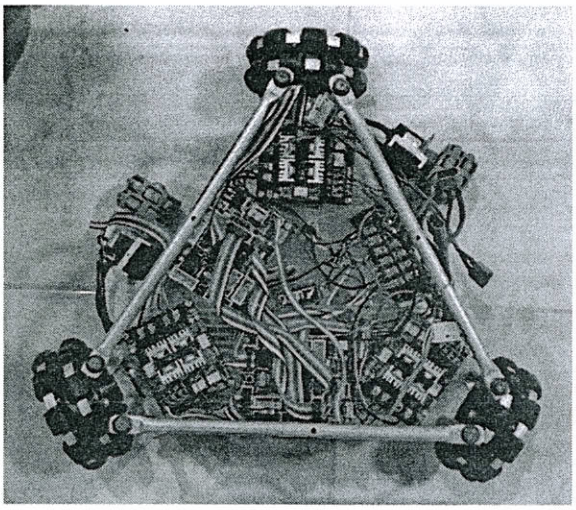
- เซ็นเซอร์ Encoder

3.2 การออกแบบโครงสร้าง



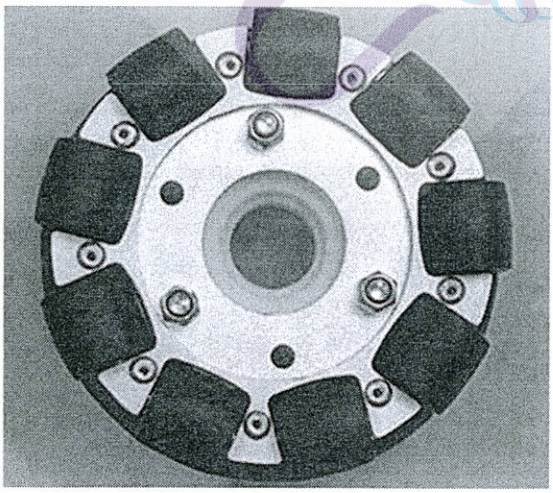
รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างของระบบขับเคลื่อน

โครงสร้างของระบบขับเคลื่อนแบบหลายทิศทางนั้นจะออกแบบให้ตำแหน่งของล้อว่างทำมุม 120 องศาซึ่งกันและกันเพื่อให้ได้ระบบที่มีความคล้องตัวที่สุดในการเคลื่อนที่ในพื้นที่จำกัดโดยการออกแบบนี้จะช่วยให้ไม่ต้องกลับตัวในที่แคบเพราะสามารถที่จะเคลื่อนที่ต่อไปได้เลยโดยใช้ความเร็วของล้อแต่ละล้อเพื่อการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ



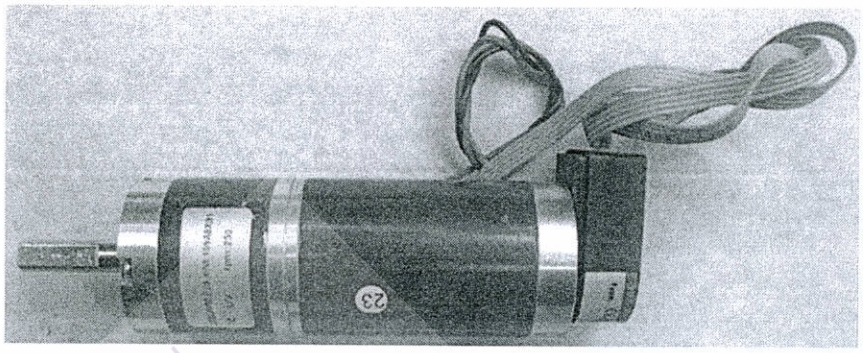
รูปที่ 3 ลักษณะโครงสร้างของระบบขับเคลื่อน

โครงสร้างออกแบบมาเพื่อให้สามารถว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างในการทำงานไว้ด้านบนของตัวระบบโดยอาจจะต้องมีการเพิ่มเติมโครงสร้างในภายหลังเพื่อให้เหมาะกับอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งอุปกรณ์ทุกชิ้นนั้นจะต้องติดตั้งไว้ที่ตัวระบบได้ทั้งหมด



รูปที่ 4 ล้อแบบเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทาง

ล้อที่นำใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นล้อแบบหลายทิศทางที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร มีลูกยางเป็นตัวที่ใช้ยึดเกาะพื้นภายในมีลูกปืนที่ช่วยลดการสึกหรอของอุปกรณ์ขณะทำการเคลื่อนที่ สามารถรับน้ำหนักได้ 40 กิโลกรัม



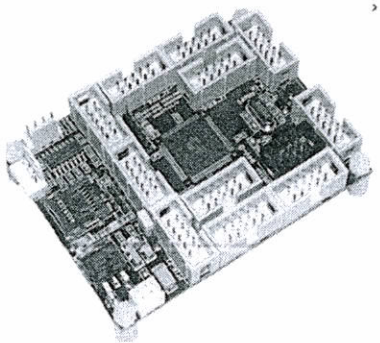
รูปที่ 5 มอเตอร์ขับเคลื่อน

คุณสมบัติของมอเตอร์ที่นำมาใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์

- แรงดัน 24 VDC 250 rpm
- แกนเพลา 8mm
- เอ็นโค้ดเดอร์ 500 p/r

3.3 ระบบ Sensor และอิเล็กทรอนิกส์

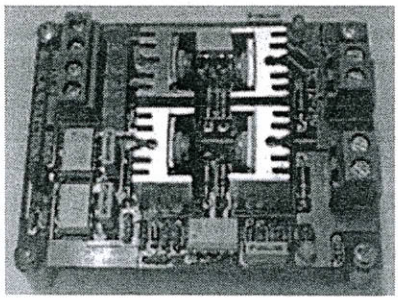
AVR Microcontroller ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์โดยรับค่าจากเซนเซอร์มาประมวนผลเพื่อแสดงสถานการณ์ทำงาน และสภาพแวดล้อมโดยรวม



รูปที่ 6 บอร์ด AVR

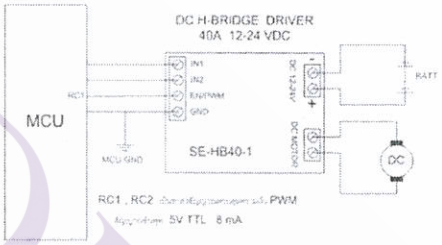
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของ ATMEL เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่งซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งทาง ATMEL เองก็ได้มีการปรับปรุง พัฒนาขีด ความสามารถของ MCU เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานในลักษณะต่างๆ มีการผลิตชิพ MCU ออกมา จำหน่ายเป็นจำนวนมากมายหลายเบอร์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือก MCU ไปประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับงานได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น ATMEGA ก็เป็น MCU ตระกูล AVR ที่มีความโดดเด่นและมีขีดความสามารถสูงในระดับต้นๆของ MCU 8 บิต ซึ่งใน ATMEGA 1280/2560 เองเป็น MCU ตระกูล AVR MEGA ที่มีระบบ Peripheral I/O ต่างๆ รวบรวมไว้ภายใน MCU มากมายหลากหลาย สามารถโปรแกรมโหมดการทำงานของ Peripheral I/O ใน ลักษณะต่างๆได้หลากหลาย ทำให้ง่ายและสะดวกในการนำไปดัดแปลงใช้กับงานแบบต่างๆได้โดยง่าย ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมของบอร์ดก็สามารถเลือกใช้รูปแบบในการพัฒนาโปรแกรมด้วยโปรแกรมภาษาต่างๆ ที่สนับสนุนการใช้งานกับ AVR MEGA ได้ทั่วไป ตามความเหมาะสม โดยโครงสร้างของบอร์ดได้ออกแบบให้มีความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรม และ ประยุกต์ใช้งาน ได้โดยสะดวก โดยมีพอร์ตสื่อสาร RS232 และ Micro-SD Card เป็นอุปกรณ์พื้นฐานภายในบอร์ด ส่วน GPIO ต่างๆจะออกแบบเป็น IDE Connector ไว้ให้เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเชื่อมต่อออกไปใช้งาน โดยได้เพิ่มช่องทางในการพัฒนาโปรแกรมได้ทั้งการโปรแกรมผ่าน Boot loader หรือ ISP Programmer หรือ JTAG Interface สำหรับโปรแกรมและ Debug การทำงานได้อีกด้วย

- บอร์ดขับมอเตอร์ดีซี แบบ H-Bridge รุ่น SE-HB40-1 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงให้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ตามที่ต้องการกำหนดความเร็ว



รูปที่ 7 บอร์ดขับมอเตอร์ดีซี แบบ H-BRIDGE รุ่น SE-HB40-1

บอร์ดขับมอเตอร์ดีซี แบบ H-Bridge รุ่น SE-HB40-1 สามารถรองรับแรงดันได้ตั้งแต่ 12-24 V และสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงได้ 1 ตัว



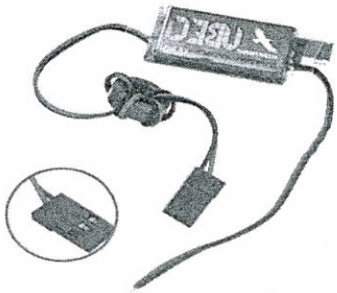
รูปที่ 8 การเชื่อมต่อบอร์ดขับมอเตอร์ดีซี

การควบคุมทำได้โดยการกำหนดความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในรูปแบบสัญญาณ PWM เข้าในช่องสัญญาณ EN/PWM และกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ในช่องสัญญาณ IN1 และ IN2 ตามรูปแบบ

EN/PWM	**IN1**	**IN2**	**การทำงานของมอเตอร์**
0V	X	X	Free Run Stop (หยุดเมื่อหมดแรงเฉื่อย)
5V	0V	5V	หมุนเดินหน้า
5V	5V	0V	หมุนกลับทาง
5V	5V	5V	Fast Stop หรือ Break
5V	0V	0V	Fast Stop หรือ Break

ตารางที่ 1 การเชื่อมต่อบอร์ดขับมอเตอร์ดีซี

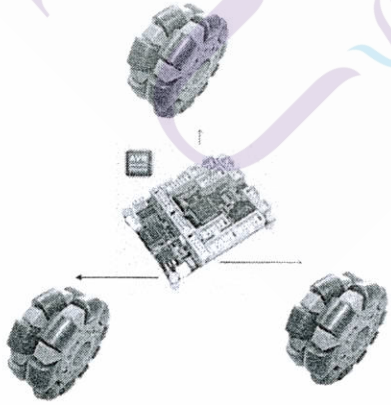
- UBEC เร็กกูเลเตอร์ ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 9 UBEC เร็กกูเลเตอร์

สำหรับ UBEC เร็กกูเลเตอร์ เป็นวงจรปรับแรงดันเพื่อนำเข้าไปจ่ายให้อุปกรณ์ที่ใช้แรงดันที่มีระดับ 5 V เช่นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ระดับแรงดันเดียวกัน

3.4 การควบคุมล้อแบบหลายทิศทาง

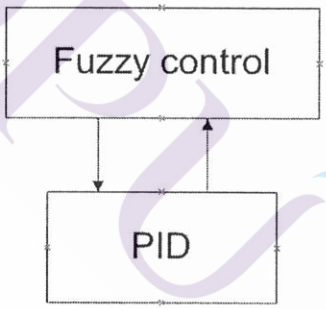


รูปที่ 10 ระบบควบคุมล้อ

ระบบล้อแบบหลายทิศทางนั้นจะมีความแตกต่างจากการควบคุมระบบล้อแบบขับเคลื่อนล้อหน้าและล้อหลังเพราะการเปลี่ยนแปลงระดับความเร็วของแต่ละล้อจะส่งผลต่อทิศทางของการเคลื่อนที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากกว่าแบบขับเคลื่อนสอง

ล้อและสี่ล้อ ดังนั้นระบบนี้จึงออกแบบให้มีการทำงานเป็นสองระดับที่สามารถนำระบบควบคุมแบบ Fuzzy logic และ PID เข้ามาใช้ในงานควบคุมนี้ซึ่งระบบ Fuzzy logic จะเป็นตัวประมวลผลในแง่ของการศึกษาสิ่งแวดล้อมที่ระบบกำลังเผชิญอยู่ เช่น ลักษณะของสภาพพื้นผิว กำลังของแบตเตอรี่ ความลาดเอียงของพื้นที่เพื่อที่จะนำมาเป็นข้อมูลในการที่จะปรับค่าแกนที่เหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่ให้กับระบบ PID เพื่อที่จะทำการประมวลผลหาความเหมาะสมของความเร็วและอัตราเร่งของแต่ละล้อเพื่อที่จะไปถึงเป้าหมายอย่างสมบูรณ์โดยจะมีค่าจาก Sensor encoder เป็น Feedback กลับมาเพื่อที่จะให้ระบบ Fuzzy รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะในทุกช่วงเวลาเพื่อที่จะปรับปรุงค่าที่จะส่งลงไปในครั้งต่อ ๆ ไปในขณะที่มีการเคลื่อนที่เพื่อที่จะรักษาระดับความเร็วให้คงที่

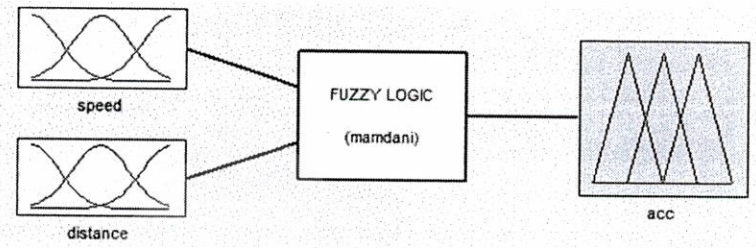
3.5 การประยุกต์ใช้ Fuzzy control



รูปที่ 11 แสดงการทำงานของ FUZZY และ PID

ในระบบขับแบบหลายทิศทางนี้มีการนำระบบควบคุมที่ Fuzzy เข้ามาเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจหลักของระบบโดยการประมวลผลหลัก ๆ ทั้งเรื่องของทิศทางและความเร็วนั้นจะใช้ Fuzzy control ในการควบคุมและประมวลผลโดยรวมก่อนที่จะมีการส่งคำสั่งต่อไปที่ระบบขับเคลื่อนที่ใช้ PID ในการควบคุมอีกชั้นโดยระบบทั้งสองนั้นจะทำงานโดยอิสระต่อกันเพื่อให้ได้ผลที่น่าพึงพอ

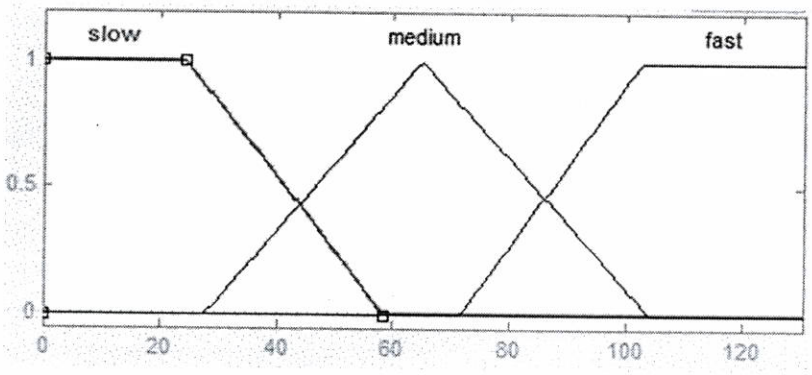
ในส่วนการทำงานที่ใช้ระบบ Fuzzy logic เข้ามาจัดการนั้นทำโดยการที่ระบบจะรับค่าที่เป็นอินพุท 2 ค่าคือระยะทางปัจจุบัน และ ความเร็วที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ในขณะนั้นเข้าสู้ระบบเพื่อที่จะทำการประมวลผมออกมาว่าควรที่เพิ่มหรือลดความเร็วในการเคลื่อนที่ให้ถึงจุดที่กำหนด



รูปที่ 12 กระบวนการทำงานของระบบ FUZZY

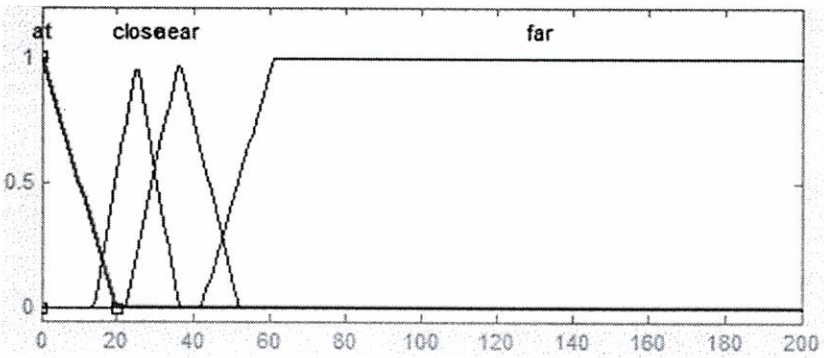
การกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุตทั้ง 2 ตัวและเอาต์พุตใน Fuzzy นั้นใช้รูปแบบเป็นรูปสามเหลี่ยมเนื่องจากเป็นรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถคำนวณค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละจุดได้อย่างสะดวกและแม่นยำและสามารถปรับค่าความกว้างของฐานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการควบคุมที่มีค่าต่อผลการทำงานที่ดีที่สุดได้ง่าย

การกำหนดรูปร่างกราฟของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุตทั้ง 2 ตัวและกราฟของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเอาต์พุตดังภาพต่อไปนี้

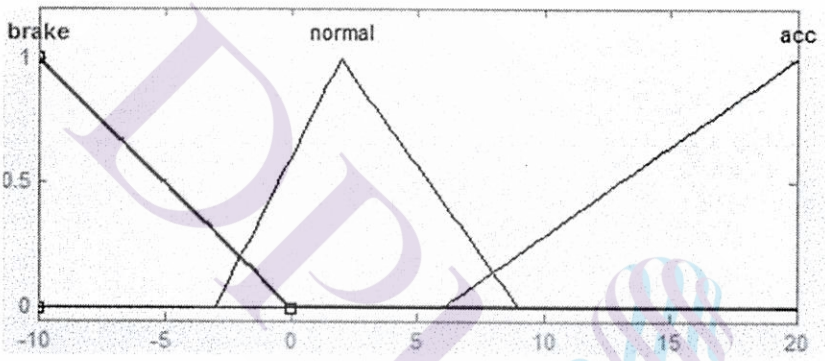


รูปที่ 13 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุตความเร็ว

0242801



รูปที่ 14 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุตระยะทาง



รูปที่ 15 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตอัตราเร่ง

การสร้างเงื่อนไขหรือกฎของการควบคุมสามารถนำค่าอินพุตประมวลผลออกไปได้เมื่อทำการหาค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละข้อมูลแล้วจะเป็นการสร้างเงื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการควบคุมของ Fuzzy logic เพื่อสามารถที่จะทำการควบคุมอัตราเร่งที่เหมาะสมเพื่อทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปตามที่ต้องการ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญค่อยข้างสูงเพราะเป็นการจำลองพฤติกรรมของระบบที่เป็นไปได้หรือเป็นการกำหนดให้ตัวควบคุม Fuzzy logicปฏิบัติการควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของระยะทางในแต่ละช่วงเวลาโดยนำไปประมวลผลเพื่อที่จะหาค่าเอาต์พุตของ Fuzzy logic เพื่อนำไป

ศูนย์เรียนรู้และหอสมุด
มหาวิทยาลัยธรกิจบัณฑิตย์

คำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราเร่งว่าควรเป็นค่าเท่าไรขึ้นอยู่กับอินพุตทั้ง 2 ตัว ที่เปลี่ยนแปลงไป

distance / speed	At	Close	Near	Far
Slow	Break	Normal	Normal	Accelerate
Medium	Break	Break	Normal	Accelerate
Fast	Break	Break	Break	Accelerate

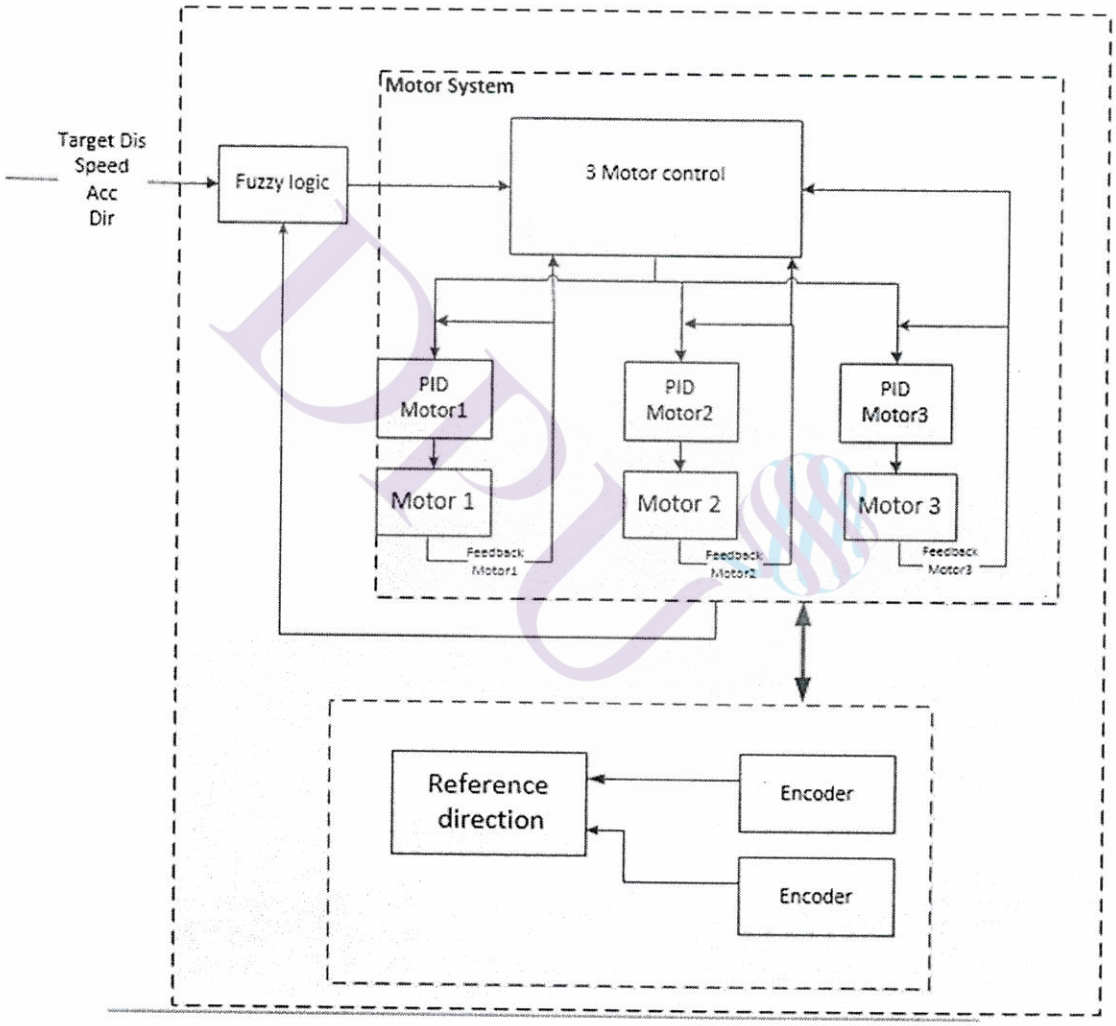
ตารางที่ 2 ตารางการสร้างเงื่อนไขหรือกฎการควบคุม

หรือเขียนในรูปแบบของ IF..THEN ได้ดังนี้

1. If (speed is slow) and (distance is at) then (accelerate is brake)
2. If (speed is slow) and (distance is close) then (accelerate is normal)
3. If (speed is slow) and (distance is near) then (accelerate is normal)
4. If (speed is slow) and (distance is far) then (accelerate is accelerate)
5. If (speed is medium) and (distance is at) then (accelerate is brake)
6. If (speed is medium) and (distance is close) then (accelerate is brake)
7. If (speed is medium) and (distance is near) then (accelerate is normal)
8. If (speed is medium) and (distance is far) then (accelerate is accelerate)
9. If (speed is fast) and (distance is at) then (accelerate is brake)
10. If (speed is fast) and (distance is close) then (accelerate is brake)
11. If (speed is fast) and (distance is near) then (accelerate is brake)
12. If (speed is fast) and (distance is far) then (accelerate is accelerate)

ในการใช้ตัวดำเนินการ 'AND' โดยใช้ค่าต่ำสุดของตัวแปรเงื่อนไขในการคำนวณผลลัพธ์รวมของ Fuzzy logicซึ่งการเลือกเอาค่าต่ำสุดจะทำให้ผลที่ออกมาของกฎที่ได้เลือกนั้นขึ้นกับค่าตัวแปรเงื่อนไขที่มีค่าความเป็นสมาชิกน้อยที่สุด

3.6 ชุดโปรแกรมเพื่อการควบคุม



รูปที่ 16 ระบบการควบคุม

ก่อนที่ระบบจะเริ่มกระบวนการทำงานระบบจำเป็นต้องทราบระยะทางและทิศทางในการเคลื่อนที่ของแต่ละจุดดังนั้นระบบจะรับคำสั่งในการเริ่มทำงานจากผู้ใช้ระบบโดยที่ข้างต้นนี้ผู้ใช้จะสามารถกำหนดค่าความเร็วและระยะทางให้แก่ระบบ หลังจากนั้นจะเข้าสู่การ Fuzzy logic ในการประมวลผลเพื่อหาอัตราเร่งที่เหมาะสมและจึงส่งผลและรูปแบบให้กับระบบควบคุมการเคลื่อนที่ทั้ง 3 ล้อทำงาน โดยภายในยังมีการนำระบบ PID เข้ามาช่วยเพื่อให้การเคลื่อนที่ของแต่ละล้อทำงานได้ตามรูปแบบที่กำหนดได้ดียิ่งขึ้นเพราะเป็นตัวที่จะช่วยให้เกินความสมบูรณ์ขึ้นในระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเร็วในขณะการเคลื่อนที่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเคลื่อนที่ในแต่ละรูปแบบจะมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งมาสำหรับการตรวจสอบรูปแบบการเคลื่อนที่โดยใช้เป็นเอ็นโค้ดเดอร์จำนวน 2 ตัวเพื่อช่วยวัดค่าการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y ใช้สำหรับการตรวจสอบรูปแบบการเคลื่อนที่ว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรอไม่

3.7 ฟังก์ชั่นสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทางแบบสามล้อ

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถป้อนคำสั่งในการสั่งงานการเคลื่อนที่ตามที่ต้องการได้ผ่านฟังก์ชั่น void move_robot(double cTheta, double degree, double rotate,double speed); ซึ่งฟังก์ชั่นการทำงานนี้สามารถสั่งการให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่ต้องการและสามารถกำหนดความเร็วให้กับหุ่นยนต์ได้โดยตรง

- double cTheta คือค่าความเร็วเชิงมุม
- double degree คือมุมสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 – 360 องศา
- double rotate คือค่าที่สามารถทำให้หุ่นยนต์หมุนตัวในขณะที่กำลังเคลื่อนที่
- double speed คือความเร็วสำหรับการเคลื่อนที่

การทำงานของหุนยนต์จะมีการทำงานบางรูปแบบที่นำระบบ Fuzzy logic เข้ามาช่วยในการจัดการอัตราเร่งของหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะประมวลผลผ่านฟังก์ชั่นการทำงาน void find_

membership_speed(double data) และ void find_membership_dis(double data) แล้วจึงจะได้ค่าอัตราเร่งออกมา

void find_membership_speed(double data) ใช้สำหรับการคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของความเร็วที่กำลังใช้ในปัจจุบันโดย double data คือค่าความเร็วที่ต้องป้อนเข้าไปและต้องเป็นค่าความเร็วที่ใช้จริงในขณะนั้น

void find_membership_dis(double data) ใช้ในการคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของระยะที่เคลื่อนที่ทั้งหมดที่เหลืออยู่สงผ่านพารามิเตอร์ double data เข้าสู่กระบวนการ

หลังการมรการเรียกใช้ทั้ง 2 ฟังก์ชั่นแล้วระบบจะทำการเรียกใช้ฟังก์ชั่นการทำงานตัวสุดท้ายคือฟังก์ชั่น double check_rule() เพิ่มให้ระบบนำค่าทั้งหมดที่มีไปตรวจสอบเพื่อให้ได้ค่าของอัตราเร่งที่เหมาะสมที่สุดออกมาใช้ในการสั่งการให้มอเตอร์ทำงาน

3.8 สรุป

สรุปข้อมูลและลักษณะของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง

น้ำหนัก	5 กิโลกรัม
ขนาด	30X40 เซนติเมตร
จำนวนล้อ	ล้อ OMNI จำนวน 3 ล้อ
จำนวนเซ็นเซอร์	เอ็นโค้ดเดอร์ 5 ตัว
ความเร็วสูงสุด	120 เซนติเมตร/วินาที
ภาษาที่ใช้	ภาษา C
หลักการควบคุม	PID / FUZZY LOGIC / Three wheel synchronization

ตารางที่ 3 ตารางข้อมูลลักษณะของหุ่นยนต์

ระบบที่จะพัฒนาขึ้นนี้จะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างคล้องตัวโดยมีระบบควบคุมที่ใช้ Fuzzy และ PID ในการควบคุมจึงสามารถที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยจะมีระบบนำทางและตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่ระบบกำลังทำงานอยู่ตลอดเวลาด้วยเซนเซอร์ชนิดต่างเพื่อที่จะให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของงานในแต่ละพื้นที่

โดยการทำสอบเบื้องต้นการทำงานของระบบจะสามารถเคลื่อนที่ในทิศทางที่ต้องการโดยที่จะไม่ชนสิ่งกีดขว้างที่มีอยู่ได้ด้วยความเร็วและความเร่งที่เหมาะสม

DPU

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ผลการดำเนินงาน

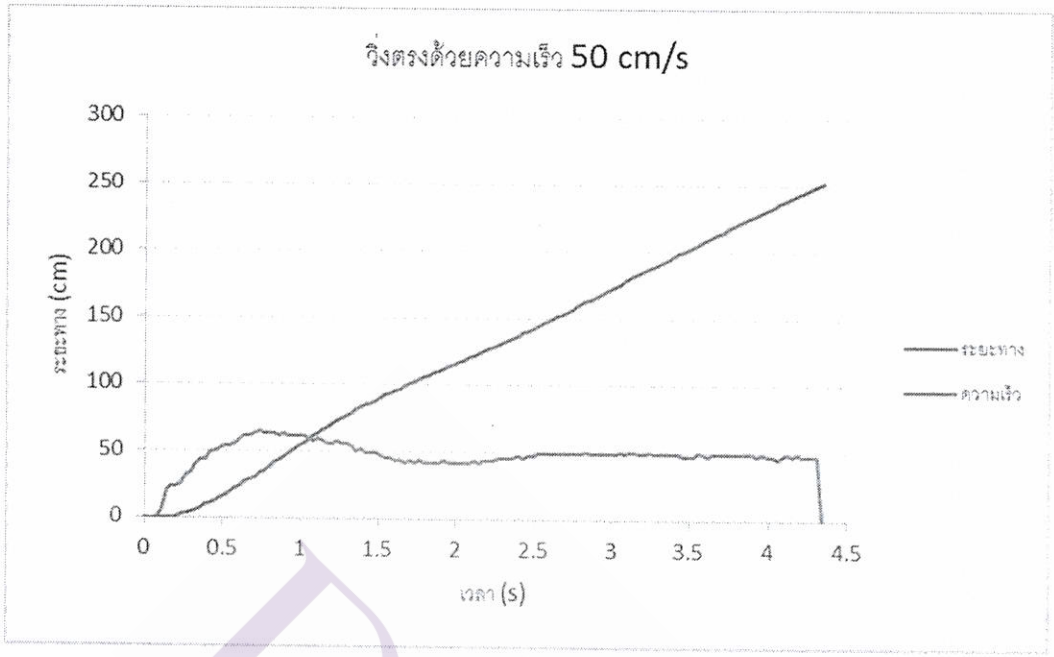
ลักษณะโดยรวมของหุ่นยนต์นั้นมีความสามารถที่จะการเคลื่อนที่ไปได้ในทุกทิศทางในสภาพพื้นราบโดยอาศัยความเร็วของแต่ละล้อในการสร้างทิศทางของการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งในการทดสอบก็ได้มีการออกแบบลักษณะในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อที่จะดึงจุดเด่นของล้อที่สามารถเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทางออกมาให้ได้มากที่สุดจึงมีการทดสอบทั้งหมด 4 ขั้นตอนได้แก่

- การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
- การเคลื่อนที่เป็นวงกลม
- การเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S
- การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม

การทดสอบทั้ง 4 รูปแบบนี้จะแสดงให้เห็นในเรื่องของการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางได้อย่างชัดเจน

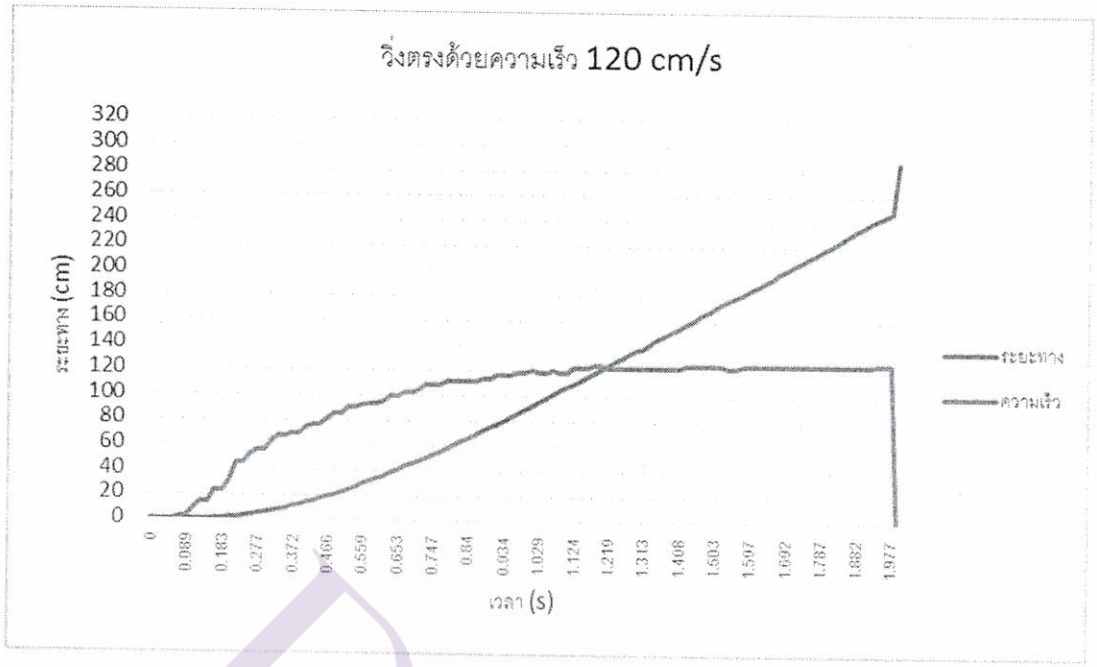
4.2 การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบระบบการทำงานที่มี Fuzzy logic เข้ามาช่วยในการควบคุมทั้งอัตราเร่งและการเบรกของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปยังระยะทางที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำโดยมีการกำหนดระยะที่ระยะ 250 เซนติเมตรเพื่อทำการทดสอบการเคลื่อนที่



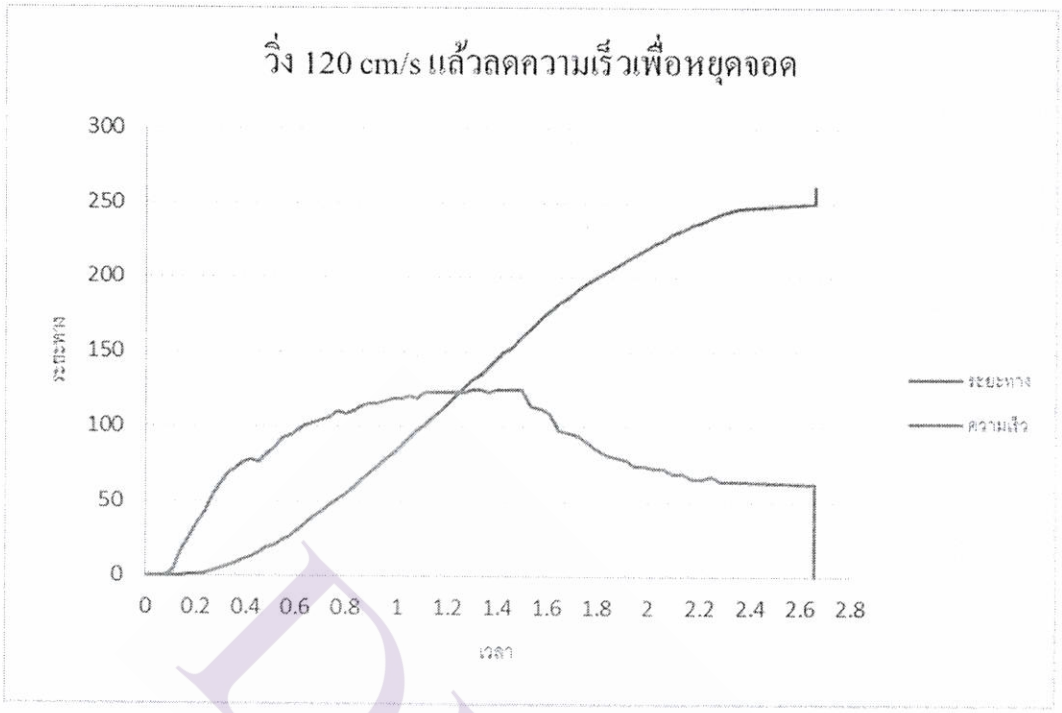
รูปที่ 36 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ความเร็วคงที่ 50 CM/S

การเคลื่อนที่ระยะทาง 250 เซนติเมตรด้วยความเร็วคงที่ที่ช้าลงสามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังจุดหมายได้ดีขึ้นและหยุดจอดที่จุดที่กำหนดได้ดีกว่าการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแต่ถ้าหากมองในด้านเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะมากกว่าเป็น 2 เท่า นั้นแสดงให้เห็นว่าถ้าหากต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปจอดในตำแหน่งที่ต้องการก็สามารถใช้การเคลื่อนที่แบบที่ใช้ความเร็วคงที่ได้ด้วยความเร็วที่ต่ำลงและต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้นซึ่งเป็นอีกทางเลือกที่จะทำให้การจอดอยู่ใกล้จุดที่กำหนดได้



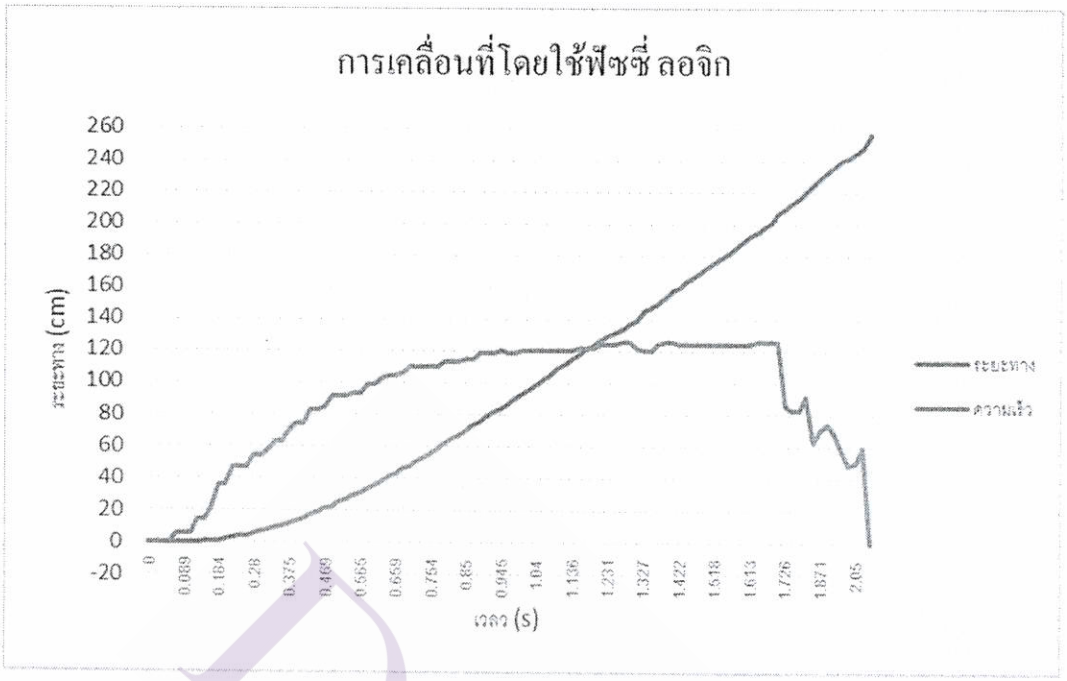
รูปที่ 37 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ความเร็วคงที่ 120 CM/S

การเคลื่อนที่ระยะทาง 250 เซนติเมตรด้วยความเร็วคงที่แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ในรูปแบบนี้ทำให้การเคลื่อนที่จากจุดเริ่มจุดไปยังจุดสิ้นสุดใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยแต่การหยุดจอดเพื่อให้ตรงกับจุดที่กำหนดไว้นั้นเป็นไปได้อยากด้วยความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ทำให้หุ่นยนต์เลยจุดที่ต้องหยุดจอดไปมากถึง 37 เซนติเมตรหรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ 14.8 เปอร์เซ็นต์



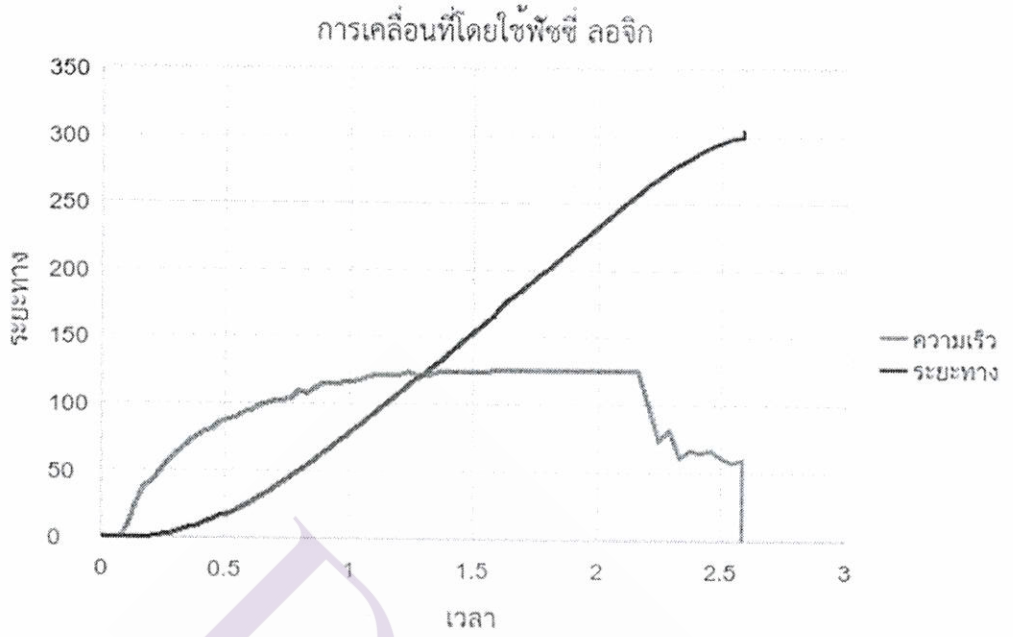
รูปที่ 38 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงแล้วลดความเร็วเมื่อใกล้จุดหมาย

การเคลื่อนที่แบบด้วยความเร็วสูงสุดแล้วค่อยลดความเร็วเพิ่มให้หุ่นยนต์หยุดจอดได้ตรงจุดจะเห็นได้ว่าใช้เวลาในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะที่ต้องลดความเร็วมีระยะที่มากถึง 100 เซนติเมตรก่อนถึงจุดที่กำหนดซึ่งเป็นผลที่ออกมาใกล้เคียงจุดที่ต้องการมากที่สุดเพราะหากจะลดระยะทางในการลดความเร็วให้สั้นลงจะมีผลทำให้ความเร็วที่ลดลงไม่ถึงจุดที่จะหยุดนิ่งได้ทำให้การจอดมีค่าความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเนื่องด้วยการลดความเร็วลงนั้นถึงแม้จะสั่งงานให้ระบบลดความเร็วลงแต่มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนไม่สามารถที่จะลดความเร็วได้ทันที่ทำให้ต้องใช้ระยะในการลดความเร็วให้มากขึ้นหากต้องการให้หุ่นยนต์หยุดจอดได้ตรงตำแหน่งที่ต้องการ

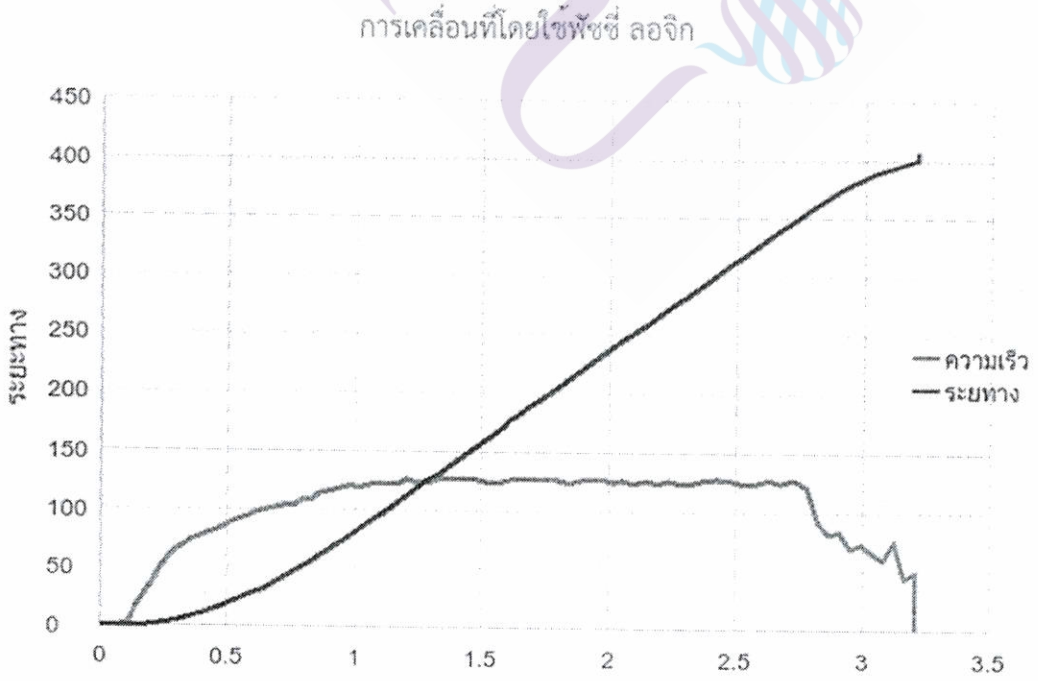


รูปที่ 39 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ FUZZY LOGIC ควบคุมความเร็วระยะ 250 เซนติเมตร

การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยการใช้ Fuzzy logic เข้ามาใช้ในการควบคุมอัตราเร่งของหุ่นยนต์ในขณะเคลื่อนที่โดยใช้ระยะทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยการใช้ความเร็วแบบคงที่แสดงให้เห็นการเพิ่มอัตราเร่งจากจุดเริ่มต้นจาก 0 จนถึงความเร็วสูงสุดแล้วค่อย ๆ ลดความเร็วลงเมื่อระยะทางเข้าใกล้เป้าหมายทำให้การหยุดจอดมีประสิทธิภาพมากขึ้นคือตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดนิ่งนั้นอยู่ห่างจากจุดที่กำหนดเพียง 4 เซนติเมตรหรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นทำให้เห็นว่าการใช้ Fuzzy logic เข้ามาช่วยตัดสินใจในการประมวลผลอัตราเร่งนั้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดมีความแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 40 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ FUZZY LOGIC ควบคุมความเร็วระยะ 300 เซนติเมตร



รูปที่ 41 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้ FUZZY LOGIC ควบคุมความเร็วระยะ 400 เซนติเมตร

การเคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy logic ในการควบคุมอัตราเร่งของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะทางสำหรับการเคลื่อนที่ระบบจะทำการประมวลผลอัตราเร่งที่เหมาะสมให้กับหุ่นยนต์ดังที่แสดงในรูปที่ 39 ถึงรูปที่ 41 จะทำให้ทราบว่าหุ่นยนต์สามารถที่จะทำงานได้ดีโดยสามารถที่จะทำการหยุดจอดได้ตรงกับตำแหน่งที่ต้องการได้ไม่ว่าจะระยะทางที่ให้มาจะเป็นเท่าไรระบบสามารถที่จะจัดการอัตราเร่งที่เหมาะสมกับระยะทางที่กำหนดมาได้

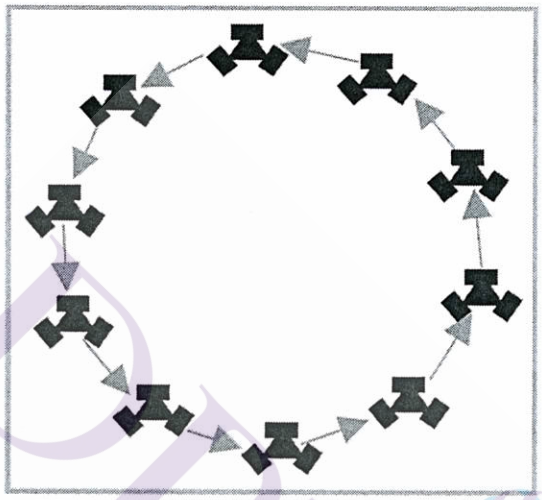
รูปแบบการเคลื่อนที่	เวลา	ระยะทางคลาดเคลื่อน
เคลื่อนที่ช้า	4.33 s	0.8%
เคลื่อนที่เร็ว	1.97 s	14.8%
เคลื่อนที่เร็วแล้วลดความเร็วเข้าจอด	2.67 s	4.4%
เคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy ระยะ 200	1.92 s	3.5%
เคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy ระยะ 250	2.23 s	2.0%
เคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy ระยะ 300	2.38 s	2.3%
เคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy ระยะ 400	3.21 s	2.2%

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ที่มีการใช้ระบบควบคุมที่แตกต่างกัน

เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ที่มีการใช้ระบบควบคุมที่แตกต่างกันจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่โดยความเร็วคงที่นั้นสามารถที่จะปรับค่าความเร็วเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถที่หยุดจอดได้ตรงกับตำแหน่งที่ต้องการได้แต่ก็ต้องใช้เวลาที่มากขึ้นในการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแล้วทำการลดความเร็วเมื่อเข้าใกล้จุดที่ต้องการให้จอดได้แต่ระยะทางที่ต้องใช้ในการลดความเร็วเพื่อให้สามารถจอดได้ดีนั้นก็ต้องใช้ระยะทางมากพอสมควร ซึ่งเมื่อดูผลเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy logic จะเห็นว่าการเคลื่อนที่โดยใช้ Fuzzy logic เข้ามาเพื่อช่วยจัดการความเร่งของหุ่นยนต์ทำได้ดีกว่าและไม่ว่าระยะในการเคลื่อนที่จะเปลี่ยนไปการทำงานของหุ่นยนต์ที่ใช้ Fuzzy logic ในการควบคุมอัตราเร่งก็ยังคงทำงานได้ดีและหยุดจอดได้ใกล้เคียงจุดที่ต้องการได้

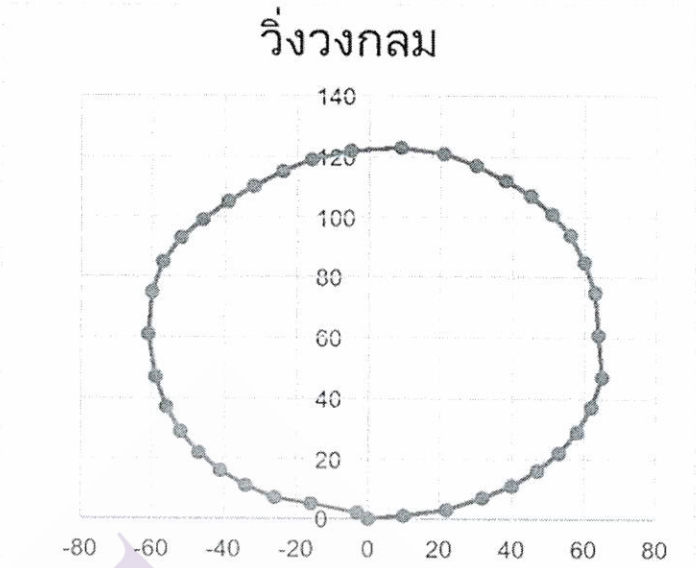
4.3 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม

รูปแบบการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่จะทำการทดสอบการเคลื่อนที่หุ่นยนต์จะหันด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์ไปในทิศทางเดียวกันระหว่างการเคลื่อนที่เพื่อทดสอบความสามารถของระบบเคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง



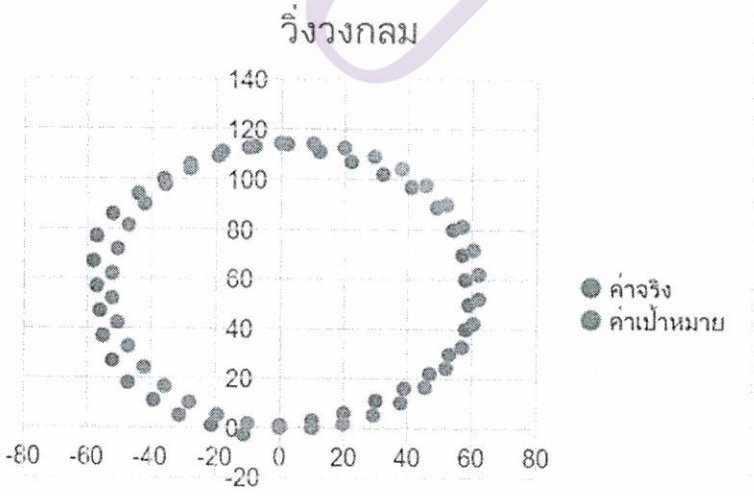
รูปที่ 42 รูปแบบการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

การเคลื่อนที่ในรูปแบบวงกลมจะทำการเคลื่อนที่โดยอาศัยความเร็วของล้อแต่ละล้อเพื่อสร้างรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เป็นรูปแบบที่ต้องการซึ่งจะเคลื่อนที่โดยการปรับมุมของการเคลื่อนที่ไปทีละ 10 องศา แต่ละองศาจะเคลื่อนที่ที่ระยะกระจัด 10 เซนติเมตร ด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์จะไม่มีการเปลี่ยนทิศทางจะยังคงหันหน้าของหุ่นยนต์ไปทิศทางเดิมตลอดการเคลื่อนที่ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการและทำการบันทึกค่าการเคลื่อนที่จากเอ็นโค้ดเดอร์ที่ติดตั้งเพื่อทำการตรวจสอบตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y ที่ใช้ในการอ้างอิงรูปแบบการเคลื่อนที่ต่อไปนี้



รูปที่ 43 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลมกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่เป็นองศาโดยมีการเปลี่ยนแปลงครั้งละ 10 องศาทุกการเคลื่อนที่ 10 เซนติเมตรและมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางขณะที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่อยู่



รูปที่ 44 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลมเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายจะเห็นได้ชัดว่าการเคลื่อนที่รูปแบบวงกลมนั้นหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามรูปแบบได้ใกล้เคียงเป้าหมายซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนก็เกิดจากการหยุดจอดในแต่ละจุดที่ทำให้มีค่าการคลาดเคลื่อนสะสมทำให้เมื่อมีจุดใดจุดหนึ่งเกิดการจอดที่ไม่ตรงตำแหน่งแล้วจะทำให้จุดที่หุ่นยนต์ทำการปรับเปลี่ยนมุมองศาเกิดการคลาดเคลื่อนเนื่องจากระบบไม่ได้มีการชดเชยข้อผิดพลาดในขณะการเคลื่อนที่ ถึงอย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่แบบวงกลมนั้นยังสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้ตามรูปแบบที่ต้องการและแสดงความสามารถของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหลายทิศทางออกมาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งค่าความคลาดเลื่อนที่เกิดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3.1% เมื่อเทียบกับจุดเป้าหมายแต่ละจุด

4.4 การเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S

รูปแบบที่จะทำทดสอบการเคลื่อนที่แบบตัว S การเคลื่อนที่จะทำการเคลื่อนที่โดยที่หุ่นยนต์จะหันด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์ไปในทิศเดียวกันตลอดเวลาที่ทำการเคลื่อนที่ การเปลี่ยนทิศทางจะทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของล้อแต่ล้อเพื่อให้เกิดทิศทางการเคลื่อนที่ที่ต้องการ

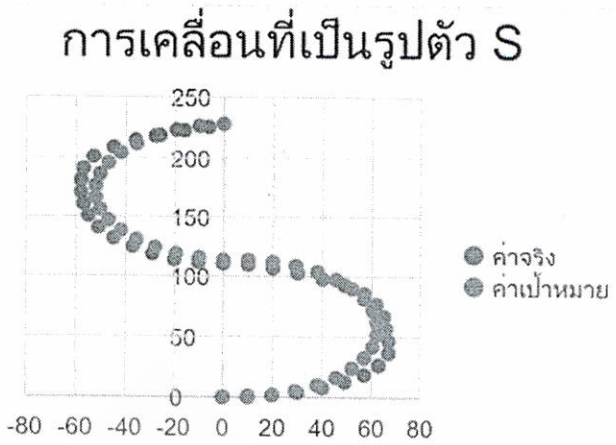
รูปที่ 45 รูปแบบการเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S

การเคลื่อนที่ในรูปตัว S จะทำการเคลื่อนที่โดยอาศัยความเร็วของล้อแต่ละล้อเพื่อสร้างรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เป็นรูปแบบที่ต้องการซึ่งจะเหมือนกับลักษณะของการเคลื่อนที่ในรูปแบบวงกลมคือจะเคลื่อนที่โดยการปรับมุมของการเคลื่อนที่ไปทีละ 10 องศา แต่ละองศาจะเคลื่อนที่ที่ระกระจัด 10 เซนติเมตร ด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์จะไม่มีการเปลี่ยนทิศทางจะยังคงหัน

หน้าของหุ่นยนต์ไปทิศทางเดิมตลอดการเคลื่อนที่ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการและทำการบันทึกค่าการเคลื่อนที่จาก Encoder ที่ติดตั้งเพื่อทำการตรวจสอบตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y ที่ใช้ในการอ้างอิงรูปแบบการเคลื่อนที่ต่อไปนี้

รูปที่ 46 การเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S

การเคลื่อนที่แบบรูปตัว S กำหนดรูปแบบการการเคลื่อนที่ให้มีการเปลี่ยนแปลงมุมองศาในการเคลื่อนที่ครั้งละ 10 องศา เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งในขณะที่ปรับเปลี่ยนองศาในการเคลื่อนที่นั้นกระทำระหว่างที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ทำให้เกิดอาการผิดตำแหน่งในการเคลื่อนที่อยู่บ้างแต่ก็ยังสามารถเคลื่อนที่ได้ตามรูปแบบที่ต้องการได้



รูปที่ 47 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S

เมื่อนำค่าที่ได้จากการเคลื่อนที่จริงมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายทำให้ทราบถึงรูปแบบและความสามารถของหุ่นยนต์ได้ชัดเจนขึ้น โดยจุดมีส้มคือค่าเป้าหมายและจุดมีน้ำเงินคือค่าที่ได้จากการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 3%

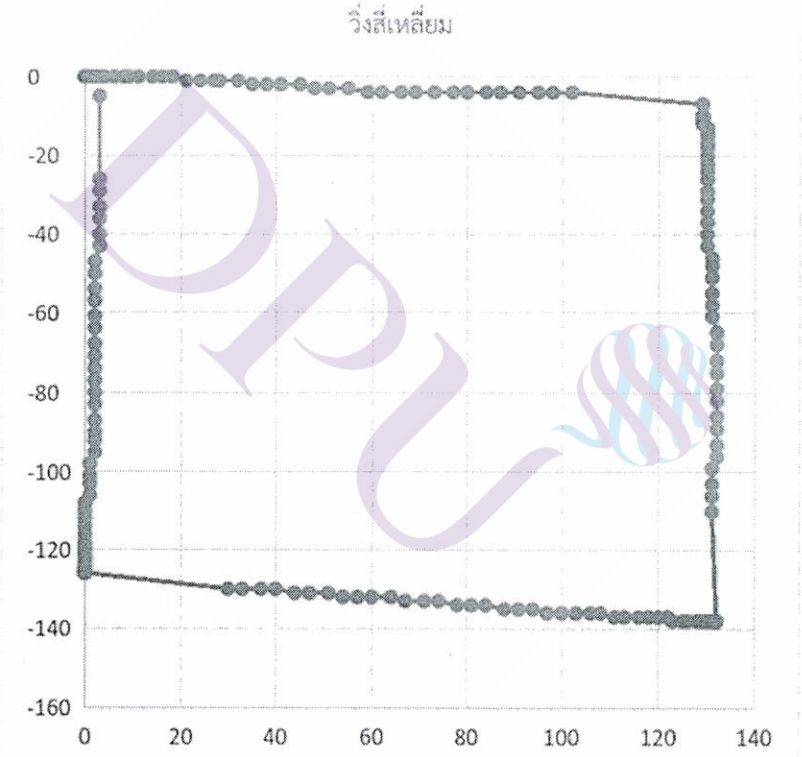
รูปแบบการเคลื่อนที่	ความคลาดเคลื่อน
รูปแบบวงกลม	3.2%
รูปแบบตัว S	3%

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่วิธีโค้ง

4.5 การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม

การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมในการทดสอบนี้จะทำให้เห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปในแนวต่าง ๆ ได้โดยที่ด้านหน้าของหุ่นยนต์ยังคงหันหน้าไปทิศเดียวกันหมดตลอดเวลาที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ การปรับเปลี่ยนทิศทางทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราในการหมุนของแต่ละล้อให้ลอดคล้องกับทิศทางที่จะเคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันโดยกำหนดเป็นรูปแบบขององศาตั้งแต่ 0 – 360 องศาซึ่งในการเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมจะใช้มุมในการเคลื่อนที่เพียง 4 มุมเท่านั้น คือ 0 องศา ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า 90 องศาใช้ในการ

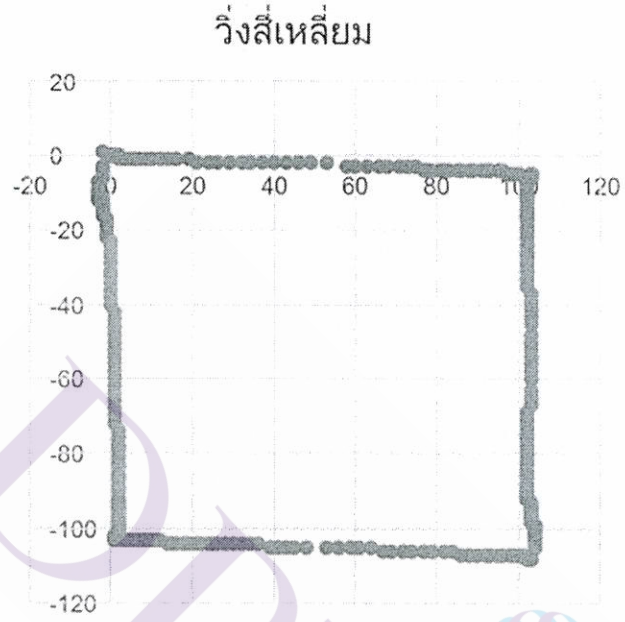
เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย 180 องศาใช้ในการเคลื่อนที่ถอยหลังและ 270 องศาใช้ในการเคลื่อนที่ไปด้านขวาของหุ่นยนต์ ส่วนความเร็วที่หุ่นยนต์ใช้ในการเคลื่อนที่ในแต่ละทิศทางผู้ใช้สามารถกำหนดความเร็วสูงสุดที่ต้องการให้กับระบบได้เลยแล้วระบบจะทำหน้าที่ในการจัดการอัตราเร่งให้กันหุ่นยนต์เพื่อทดสอบระบบการทำงานของหุ่นยนต์ที่มี Fuzzy logic เข้ามาช่วยในการควบคุมทั้งอัตราเร่งและการเบรกของหุ่นยนต์ระหว่างการเคลื่อนที่ในแต่ละด้านเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปยังระยะทางที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำโดยมีการกำหนดระยะที่ด้านละ 100 เซนติเมตรเพื่อทำการทดสอบการเคลื่อนที่ในรูปแบบสี่เหลี่ยม



รูปที่ 48 การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วยความเร็วคงที่ 120 CM/S

การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วยความเร็วคงที่ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับการวิ่งในรูปแบบเส้นตรงซึ่งในการเคลื่อนที่แต่ละด้านได้รูปแบบที่เหมือนกันคือการเคลื่อนที่โดยใช้ความเร็วคงที่นั้นไม่สามารถที่จะหยุดหุ่นยนต์ให้ตรงกับจุดที่กำหนดได้จะเห็นจากรูปที่แสดงการเคลื่อนที่

โดยจุดสุดท้ายที่หุ่นยนต์สั่งให้หยุดทำงานไปแล้วแต่หุ่นยนต์ไม่สามารถที่จะหยุดนิ่งได้ทันที่ทำให้เคลื่อนที่เลยตำแหน่งที่ต้องการไปไกลซึ่งแต่ละด้านมีระยะอยู่ที่ 25 – 35 เซนติเมตร



รูปที่ 49 การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วย FUZZY LOGIC

การเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วย Fuzzy logic เข้ามาจัดการอัตราเร่งของหุ่นยนต์ขณะเคลื่อนที่ทำให้การเคลื่อนที่ในรูปแบบสี่เหลี่ยมมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ดีมากขึ้นทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายที่กำหนดไว้ในแต่ละตำแหน่งได้ใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

4.6 สรุป

การทดสอบการเคลื่อนที่แต่ละรูปแบบแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามล้อที่สามารถเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทางในแต่ละรูปแบบใช้การเคลื่อนที่โดยการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่เป็นองศาที่กระทำกับด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์ที่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการตั้งแต่ 0 – 360 องศา ส่วนการจัดการอัตราเร่งที่มี Fuzzy logic เข้ามาจัดการนั้นสามารถใช้ได้กับบางรูปแบบเท่านั้นซึ่งจะเห็นในการเคลื่อนที่ที่มีระยะในการเคลื่อนที่มากกว่า 40 เซนติเมตรซึ่งใช้ในการทดลองการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและการทดลองการเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยม

ส่วนการเคลื่อนที่แบบวงกลมและการเคลื่อนที่แบบตัว S นั้นเป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงลักษณะที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยการควบคุมความเร็วของแต่ละล้อให้เหมาะสมกับรูปแบบที่ต้องการเท่านั้น

DPU

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

หุ่นยนต์ได้มีการออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางและมีการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์เพื่อช่วยในการตรวจสอบการเคลื่อนที่โดยมีการสั่งงานหุ่นยนต์ผ่านไลบารี่ที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและมีความสะดวกรวดเร็วในการสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามรูปแบบที่ต้องการได้ง่าย การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้มีการนำระบบควบคุมเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกาเคลื่อนที่โดยใช้ PID ควบคุมการเคลื่อนที่ในแต่ละล้อเพื่อควบคุมให้แต่ละล้อมีความเร็วที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่แต่ละรูปแบบและใช้ Fuzzy logic ในการคำนวณและปรับปรุงอัตราเร่งของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่เพื่อให้ได้ความเร็วที่เหมาะสมกับระยะทางที่กำลังทำการเคลื่อนที่อยู่ในขณะนั้น

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 หุ่นยนต์ได้มีการออกแบบโครงสร้างสำหรับการติดระบบอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมเพื่อควบคุมการขับเคลื่อนหุ่นยนต์แบหลายทิศทางออกมาได้ตรงตามข้อกำหนดและสามารถที่จะทำงานได้ตามความต้องการทั้งในเรื่องของรูปแบบการเคลื่อนที่และมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ที่มีความคล้องตัว

5.1.2 ได้มีการติดตังระบบเซ็นเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หลายทิศทางจำนวน 5 ตำแหน่งคือ เอ็นโค้ดที่ติดตั้งอยู่กับตัวของชุดมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเพื่อตรวจวัดค่าความเร็วของล้อแต่ละล้อที่และสามารถที่จะนำค่าที่ได้นั้นมาเป็นตัวประเมินการทำงานของระบบว่าสามารถเคลื่อนที่ในความเร็วที่กำหนดได้หรือไม่เป็นจำนวน 3 ตัว

ติดตั้งเอ็นโค้ดเดอร์อีก 2 ตัวเพื่อตรวจวัดรูปแบบการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแนวแกน Y และนำค่าที่ได้ออกมาเปรียบเทียบดูว่าข้อมูลที่ส่งออกมาตรงกับรูปแบบที่ต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้หรือไม่

ผลที่ออกมาจากการติดตั้งเอ็นโค้ดเดอร์ทั้ง 5 ตำแหน่งทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามคำสั่งและเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ

5.1.3 การทดสอบการเคลื่อนที่ทั้ง 4 รูปแบบแสดงให้ทราบว่าหุ่นยนต์ 3 ล้อสามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบที่ต้องการได้โดยอาศัยความเร็วของแต่ละล้อเพื่อสร้างรูปแบบในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนด

การเคลื่อนที่ในรูปแบบเส้นตรงแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของระบบการสั่งงานแบบทั่วไปคือการกำหนดความเร็วแบบคงที่กับการนำระบบ Fuzzy logic เข้ามาช่วยในเรื่องของการควบคุมความเร็วและความเร่งทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่และหยุดในตำแหน่งที่ต้องการได้ดีกว่าการใช้ความเร็วแบบคงที่เนื่องจากการกำหนดความเร็วแบบคงที่นั้นสามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังจุดหมายได้เร็วกว่าก็จริงแต่ไม่สามารถที่จะหยุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้ตรงกับจุดที่กำหนดไว้ได้

การเคลื่อนที่เป็นรูปเหลี่ยมมีการสั่งงานสำหรับการเคลื่อนที่ลักษณะเดียวกันกับการเคลื่อนที่ในรูปแบบเส้นตรงแต่ในการเคลื่อนที่บางจังหวะจะต้องอาศัยการส่งกำลังจากทั้ง 3 ล้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในรูปแบบที่ต้องการและในการเคลื่อนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมยังนำระบบควบคุม Fuzzy logic มาช่วยทำให้การเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดให้นั้นมีความแม่นยำมากขึ้นด้วย

การเคลื่อนที่ในรูปวงกลมและการเคลื่อนที่เป็นรูปตัว S การเคลื่อนที่ทั้ง 2 รูปแบบมีการสั่งงานการเคลื่อนที่คล้ายกันคือ การสั่งงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในระยะทางสั้น ๆ แล้วค่อย ๆ ปรับรูปแบบให้เกิดการเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่กำหนดให้ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปแบบนี้ความแม่นยำยังน้อยกว่าการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและการเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมอยู่บ้าง

5.1.4 ในการสั่งการทำงานเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ไปยังตำแหน่งต่างสามารถสั่งงานผ่านฟังก์ชั่นที่มีการออกแบบขึ้นมาเพื่อรองรับความสามารถในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้อย่างดีทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้และกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ตามที่ต้องการได้

5.3 ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไข

หุ่นยนต์ที่ออกแบบมามีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานโดยมีการเพิ่มจำนวนของเอ็นโค้ดเดอร์จากเดิมที่มีเพียง 3 ตัว เป็น 5 ตัวเนื่องจากไม่เพียงพอต่อการใช้งานที่ต้องการที่จะอ้างอิงตำแหน่งของการเคลื่อนที่ให้ชัดเจนและมีความแม่นยำมาขึ้นจำมีการเพิ่มจำนวนของเอ็นโค้ดเดอร์เข้ามาช่วย

การเพิ่มจำนวนเซ็นเซอร์เอ็นโค้ดเดอร์เข้ามาอีก 2 ตัวทำให้ต้องเพิ่มบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาอีก 2 ตัวเนื่องจาก timer ที่ใช้ในการอ่านค่าจากเอ็นโค้ดเดอร์ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

การเคลื่อนที่จากเดิมใช้ล้อที่มีขนาด 152 มิลลิเมตรซึ่งขนาดล้อมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากทำให้มอเตอร์รับภาระไม่ไหนจำทำให้การควบคุมเป็นไปได้ลำบากไม่สามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามรูปแบบที่ต้องการได้จึงทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของล้อให้มีขนาดที่เล็กลงเหลือ 100 มิลลิเมตร

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนาในอนาคต

การเคลื่อนที่นี้สามารถนำระบบ Fuzzy logic เข้ามาใช้ในการควบคุมอัตราเร่งได้เพียงการเคลื่อนที่ที่มีระยะการเคลื่อนที่มากกว่า 50 เซนติเมตรเท่านั้นยังไม่สามารถในไปในการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้เพราะมีระยะทางไม่เพียงพอกับระบบที่ออกแบบมาทำให้รูปแบบที่ออกมายังมีส่วนที่ผิดพลาดในการเคลื่อนที่อยู่บ้าง

ในการพัฒนาเพื่อเติมอาจมีการออกแบบรูปแบบของการเคลื่อนที่ให้มีความซับซ้อนมาขึ้นเช่นการเคลื่อนที่ในพื้นที่ลาดเอียงหรือการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีความแตกต่างกันออกไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

[1] หุ่นยนต์,รองศาสตราจารย์ ดร. ชิต เหล่าวัฒนา และคณะ ผู้เขียน

[1] ระบบควบคุม,สุชาติ จันทร์จรมานิตย์,สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,ปรับปรุง: 19 ก.ย. 2555

[1] พื้นฐานของระบบควบคุมและการใช้งานในอุตสาหกรรม, **ธิระศักดิ์ เสภากล่อม,ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,** http://thailandindustry.com/guru/view.php?id=15851&section=9

[1] วัดระยะการหมุน, http://bmesensor.blogspot.com/p/potentiometer-or-potentiometric.html

[1] อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device) : e-Industrial Technology Center,สุชิน เสือช้อย, www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=2176

ภาษาอังกฤษ

[1] Omni wheels, https://en.wikipedia.org/wiki/Omni_wheel

[1] F. Ribeiro, I. Moutinho, P. Silva, C. Fraga, N. Pereira. THREE OMNI-DIRECTIONAL WHEELS CONTROL ON A MOBILE ROBOT

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพิสิฐพงศ์ แป้นทอง
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	อาจารย์สาขาแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

DPU