ระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

Control System of a Robotic Forklift

ศานต์ พานิชสิติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน
โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2556

ระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

Control System of a Robotic Forklift

ศานต์ พานิชสิติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน

โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2556

ศานต์ พานิชสิติ. 2556. ***ระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์.*** สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1)พัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ 2)พัฒนาระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ LEGO MINDSTORMS โดยโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สามารถควบคุมให้เคลื่อนที่ไปในทิศทาง หน้า/หลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาและยกวัตถุได้ตามคำสั่ง

ผลการทดสอบการทำงานของระบบพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระยะทางจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น และการทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ มีค่าความคาดเคลื่อนของระยะเวลาการทำงานน้อยกว่า ผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ เนื่องจากการระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติหุ่นยนต์จะเสียเวลาในการค้นหาวัตถุนานกว่าระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth)

Sant Phanichsiti. 2013. ***Control System of a Robotic Forklift***. Research in Computer Industrial Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchabun Rajabhat University.

ABSTRACT

The purposes of research were: 1) to develop an automated control system of robotic forklift 2) to operated robotic forklift by Bluetooth remote control. This research used LEGO MINDSTORMS NXT for robot structural design by the driver can control the robot to move in the direction forward / back, turn left, turn right, and lift objects as queries.

The test results showed that the system works. Tolerances of the sensors measure the distance to the error increases as the distance increases and the accuracy of the system performance for system control via Bluetooth robotic forklift had the expected movement of the period less than the automatic control system of robotic forklift because the automated robot control system used the time consuming to search over object control system via Bluetooth

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้เงินทุนสำหรับสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

นายศานต์ พานิชสิติ
พนังงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	บทนำ	1
	1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
	3. ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	4. วิธีการดำเนินการวิจัย	2
	5. ประโยชน์ของการศึกษาค้นคว้า	2
บทที่ 2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	1. หุ่นยนต์	3
	2. ชุดประมวลผลของหุ่นยนต์	6
	3. ทฤษฎีการเคลื่อนที่	8
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
	1. การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์	12
	2. การออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	13
	3. ผังงานโปรแกรมระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	16
	4. การทดสอบระบบ	17
	5. การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล	18
บทที่ 4	ผลการดำเนินงาน	20
	1. ผลการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์	20
	2. ผลการออกแบบการทำงานโปรแกรมของหุ่นยนต์	21
	3. ผลการทดสอบระบบ	22
	4 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ	24

บทที่ 5 สรุปผล 29
1. สรุปผล 29
2. อภิปรายผล 30
3. ข้อเสนอแนะ 30
บรรณานุกรม 31
ภาคผนวก 32
ภาคผนวก ก. 33

ประวัตินักวิจัย 37

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงตารางการควบคุมมอเตอร์	13
ตารางที่ 2	แสดงการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค	17
ตารางที่ 3	การทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ	18
ตารางที่ 4	แสดงผลการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค	22
ตารางที่ 5	แสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ	23
ตารางที่ 6	แสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ	23
ตารางที่ 7	การแจกแจงตัวอย่างตามคุณลักษณะของแหล่งข้อมูล	24
ตารางที่ 8	ระดับความพร้อมของปัจจัยการนำเข้า/Input	26
ตารางที่ 9	ระดับความเหมาะสมในการดำเนินงานด้านกระบวนการ	27
ตารางที่10	ระดับความเหมาะสมของผลผลิต/Output	28

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์	8
ภาพที่ 2	การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์	9
ภาพที่ 3	การเคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์	9
ภาพที่ 4	การเคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์	10
ภาพที่ 5	การเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์	10
ภาพที่ 6	การเคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์	11
ภาพที่ 7	การเคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์	11
ภาพที่ 8	NXT Brick, มอเตอร์ และเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ	12
ภาพที่ 9	การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	13
ภาพที่ 10	การเคลื่อนที่ไปด้านหน้าของหุ่นยนต์	14
ภาพที่ 11	การเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์	14
ภาพที่ 12	การบังคับหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย	15
ภาพที่ 13	การบังคับหุ่นยนต์เลี้ยวขวา	15
ภาพที่ 14	ผังงานโปรแกรมระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	16
ภาพที่ 15	แสดงอุปกรณ์ส่วนการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์	20
ภาพที่ 16	แสดงหุ่นยนต์ที่ใช้สำหรับการขนย้ายวัตถุ	20
ภาพที่ 17	แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมเพื่อเคลื่อนที่ค้นหาวัตถุ	21
ภาพที่ 18	แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมยกวัตถุ	21
ภาพที่ 19	แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมขนย้ายและวางวัตถุ	21
ภาพที่ 20	แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมหยุดการทำงาน	21
ภาพที่ 21	การออกแบบส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ส่วนล้อหลัง	34
ภาพที่ 22	การออกแบบส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ส่วนล้อหน้า	34
ภาพที่ 23	การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนยกวัตถุด้านข้าง	35
ภาพที่ 24	การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนยกวัตถุด้านหน้า	35
ภาพที่ 25	การทดสอบการทำงานของระบบ	36
ภาพที่ 26	การประเมินผลความพึงพอใจการทำงานของระบบ	36

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ความก้าวหน้าของนวัตกรรมและการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศมีแนวโน้มที่จะพัฒนาคอมพิวเตอร์ให้มีความสามารถใกล้เคียงกับมนุษย์ เช่น การศึกษาโครงข่ายประสาทเทียม ระบบจำลอง ระบบเสมือนจริง รวมถึงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมที่มีการปฏิบัติให้เกิดการทำงานเชิงกายภาพที่ต้องใช้การประสานงานระหว่างส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้อุปกรณ์ที่สามารถตอบสนองด้วยพฤติกรรม ภาษา ระบบการมอง การออกเสียงโดยการเลียนแบบความเชี่ยวชาญและการตัดสินใจของมนุษย์ ซึ่งการรับคำสั่งอาศัยความสามารถทางตรรกะ สัญชาตญาณ และใช้หลักการสมเหตุสมผล (common sense) ที่มีคุณภาพในระดับเดียวกับมนุษย์ในขณะที่เครื่องจักรกลอื่นไม่สามารถทำได้ เพื่อพัฒนาให้หุ่นยนต์ (Robot) สามารถทำงานแทนมนุษย์ในงานที่มีความเสี่ยงภัยงานงานที่มีความซับซ้อนสูง

การศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์นั้น หัวใจสำคัญที่สุดอยู่ที่ขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมสำหรับระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ให้สามารถทำงานเพื่อตอบสนองต่อเงื่อนไขต่าง ๆตามสภาพแวดล้อมในลักษณะต่าง ๆ สำหรับหลักการในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น พบว่ามีการคิดค้นหลักการ ทฤษฎี และวิธีการต่าง ๆ เพื่อทำให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานอย่างมีเหตุผล มีการพัฒนาโครงสร้างฐานความรู้ไว้อย่างมากมาย

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงโครงสร้างการควบคุมการทำงานและการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ให้ชาญฉลาดสามารถนำมาทำงานแทนหรือช่วยมนุษย์ทำงานที่ต้องใช้ความฉลาดนั้น โดยโครงสร้างข้อมูลและโครงสร้างการควบคุมการทำงานที่ออกแบบมาสำหรับพัฒนาหุ่นยนต์ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ในรายวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม โดยให้ผู้เรียนย้อนกลับไปศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ของการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ถือเป็นการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์เป็นสื่อการเรียนรู้ อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

2.2 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1 การออกแบบโปรแกรมให้สามารถควบคุมได้ทั้งระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) และระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

3.2 โปรแกรมสามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถหยิบจับวัตถุ และนำวัตถุไปวางในตำแหน่งที่ต้องการได้

3.3 หุ่นยนต์สามารถขนย้ายวัตถุได้ ทรงสี่เหลี่ยม

3.4 หุ่นยนต์สามารถทำงานได้เฉพาะบนพื้นที่ราบเท่านั้น

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental Research) ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

4.1. ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบหุ่นยนต์

4.2 ออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงานระบบหุ่นยนต์

4.3 เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของหุ่นยนต์

4.4 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมจำลองการทำงานของหุ่นยนต์

4.5. แก้ไขปรับปรุง และพัฒนาโปรแกรมให้สมบูรณ์

4.6. จัดทำคู่มือการใช้โปรแกรม

4.7. รายงานผลการดำเนินงาน และความก้าวหน้า

4.8. จัดทำคู่มือวิจัย

5. ประโยชน์ของการศึกษาค้นคว้า

5.1 ประยุกต์ใช้ระบบควบคุมการทำงานแบบมัลติเอเจนท์ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ร่วมกับการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

5.2 แนวทางในการนำวิธีการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบมัลติเอเจนท์ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ไปใช้ในบริบทที่ใกล้เคียงกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. หุ่นยนต์ (Robot)

หุ่นยนต์ได้ถูกสร้างและพัฒนามาหลายพันปีแล้ว โดยในปี ค.ศ. 1921 Mr. Karel Capck เป็นนักเขียนบทละครชาวเช็คโกสโลวาเกีย เป็นคนแรกที่ให้ความหมายของคำว่า หุ่นยนต์ (Robot) ซึ่งคำว่าหุ่นยนต์มาจากภาษาเช็ค (Czech) the Czech word robota, meaning “forced labor” หมายถึงคนงานที่มีแรงหรือคนงานที่มีพลังนั่นเอง หลังจากนั้นสถาบันหุ่นยนต์ของอเมริกา (Robot Institute of America) ได้ให้คำจำกัดความ (Difinition) ของหุ่นยนต์ คือ “แขนกลที่ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่หลายอย่าง หรือทำงานพร้อมกันในเวลาเดียวกัน โดยมีการโปรแกรมการเคลื่อนที่ ให้เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะงานที่ต้องการ” (ที่มา.คัมภีร์หุ่นยนต์. เดชฤทธิ์ มณีธรรม. 2551) หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลที่ถูกควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ สามารถตั้งโปรแกรมได้หลาย ๆครั้ง รวมทั้งสามารถปฏิบัติงานได้ในหลาย ๆ หน้าที่ที่ถูสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานแทนมนุษย์ได้ทุกประเภท โดยหุ่นยนต์ถูกได้รับการออกแบบมาเพื่อให้หยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัตถุ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือเครื่องใช้พิเศษต่าง ๆ โดยอาศัยการควบคุมโปรแกรมการเคลื่อนที่ของมันให้ทำงานได้หลายอย่างตามต้องการ และการที่หุ่นยนต์สามารถตั้งโปรแกรมได้หลาย ๆ ครั้งนั้น ก็หมายความว่า มันสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานได้ถ้าหากเราเปลี่ยนแปลงโปรแกรมใหม่ นอกจากนั้นการที่หุ่นยนต์สามารถปฏิบัติงานได้หลายหน้าที่ ก็หมายความว่า มันสามารถทำงานได้มากกว่าหนึ่งงาน ตัวอย่างเช่น ในวันนี้หุ่นยนต์ทำหน้าที่ยกชิ้นงาน พรุ่งนี้มันอาจทำหน้าที่เป็นตัวประกอบชิ้นงานก็ได้ ซึ่งจริง ๆ แล้วเราอาจเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของมันได้มากกว่านั้นถ้าหากเราต้องการ ดังนั้นเราจึงอาจกล่าวได้ว่าหุ่นยนต์นั้นสามารถทำได้หลายหน้าที่โดยจะมีความสอดคล้องกับความสามารถในการตั้งโปรแกรมได้หลาย ๆ ครั้งนั้นเอง (ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554) ในปัจจุบันจึงมีหลายสถาบันหลายประเทศ ที่มีการพัฒนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ (Robot Technology) ได้ให้คำจัดความว่า เทคโนโลยีหุ่นยนต์ คือการประยุกต์งานทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยรวมไปถึงการออกแบบเครื่องจักรกลทฤษฎีการควบคุมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ปัญญาการประดิษฐ์ ตลอดจนการทำงานร่วมกับมนุษย์ เพราะฉะนั้นการพัฒนาหุ่นยนต์จากอดีตสู่ปัจจุบันจนไปถึงอนาคตจะมีการศึกษาและพัฒนาตลอดเวลาเพื่อให้ การทำงานของหุ่นยนต์ใกล้เคียงกับมนุษย์มากที่สุด ตลอดจนเพื่อรองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหุ่นยนต์

การที่เราจะเรียกว่า หุ่นยนต์ ตัวหนึ่งนั้นน่าจะมีอะไรเป็นองค์ประกอบหลัก ๆ ที่พอจะจัดได้ว่าเจ้าสิ่งนี้คือหุ่นยนต์เพื่อให้สามารถมองภาพรวมของหุ่นยนต์ได้ชัดเจน เราสามารถแบ่งส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่สำคัญได้ 5 ส่วนคือ

1.1.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์ คือ ส่วนที่ประกอบด้วยเหล็ก,พลาสติกหรือวัสดุอื่น ๆ ให้เป็นรูปร่างขึ้นมา เช่น ขึ้นรูปเป็นโครงร่างเหมือนกับมนุษย์หรือเป็นเหมือนโครงรถ เป็นต้น

1.1.2 ระบบกลไก คือส่วนที่เคลื่อนไหวตามจุดต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ เช่น การหมุนการกระโดดเคลื่อนไปหน้าไปหลัง และเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวาได้

1.1.3 ภาคเซนเซอร์ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณต่าง ๆ เช่น เสียง,แสง,การมองเห็นเป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งไปให้ภาคควบคุมทำการประมวลผล เพื่อจะสั่งการให้หุ่นยนต์ทำงานต่อไป

1.1.4 ภาคควบคุม ทำหน้าที่วิเคราะห์ และประมวลผลที่ถูกส่งมาจากตัวเซนเซอร์ตามจุดต่าง ๆ ทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้ เสมือนกับสมองมนุษย์

1.1.5 แหล่งพลังงาน ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์

1.2 มอเตอร์ (Motor)

หุ่นยนต์จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ทางเครื่องกลไฟฟ้า หรือมอเตอร์ ประกอบอยู่ภายในเพื่อให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนไหวตลอดจนควบคุมการทำงานให้มีความแม่นยำสูง เช่น การควบคุมตำแหน่ง ควบคุมความเร็ว และ ควบคุมทิศทาง เป็นต้น ปัจจุบันอุปกรณ์ทางเครื่องกลไฟฟ้า หรือมอเตอร์มีหลากหลายชนิด เช่น มอเตอร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เอนโคดเดอร์เซอร์โวมอเตอร์เป็นต้น

เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟตรง แบบหนึ่งที่ทำงานด้วยสัญญาณพัลส์ที่มีสายต่อ 3 เส้น คือ ไฟเลี้ยง กราวด์ และสายรับสัญญาณ ภายในเซอร์โวมอเตอร์จะมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์บรรจุอยู่เพื่อควบคุมการทำงาน การควบคุมตำแหน่งจะมาจาก ลักษณะของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนไปยังสายรับสัญญาณแกนหมุนของเซอร์โวมอเตอร์จะไม่สามารถหมุนรอบตัวได้ครบ 360 องศาเหมือนกับมอเตอร์ไฟตรง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านกลไกภายใน เซอร์โวมอเตอร์จะสามารถหมุนได้ประมาณ 180 องศา การขับให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนจะต้องใช้ขบวนพัลส์ที่มีคาบเวลารวมประมาณ 12 มิลลิวินาที โดยในช่วงเวลาของสัญญาณ 5 โวลต์เป็นระยะเวลาประมาณ 1-2 มิลลิวินาที และ เป็น 0 โวลต์ ประมาณ 10 มิลลิวินาที

1.3 เฟือง (Gearing)

เฟือง ใช้ทำหน้าที่ถ่ายเทโมเมนต์ระหว่างเพลาสองเพลาที่มีระยะระหว่างเพลาไม่มากนัก โดยที่การถ่ายเทโมเมนต์ดรงกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของแรง ด้วยเหตุผลที่มีการสูญเสียอันเนื่องมาจากการลื่นไหล (slip) จึงมีอัตราที่คงที่ เฟืองเหมาะกับการหมุนตั้งแต่ความเร็วรอบต่ำ ๆ จนไปถึงความเร็วรอบค่อนข้างสูงซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับว่าเป็นเฟืองชนิดใด

การส่งกำลังของเฟือง จะประกอบไปด้วยเฟืองขับ (Driving Gear) และเฟืองตาม (Driven Gear) การขบกันของเฟืองขึ้นอยู่กับอัตราทด (Ratio) โดยอัตราทดก็คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วมุมระหว่างเฟืองขับกับเฟืองตาม เช่น อัตราทด 1:1 2:1 4:1 เป็นต้น

1.4 เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์ คือ ตัวที่ใช้ตรวจจับสัญญาณ หรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ สี แสง หรือ วัตถุ แรงทางกล (force) ความดันบรรยากาศ (pressure) ระยะขจัด (displacement) ความเร็ว (speed) อัตราเร่ง (acceleration) ระดับของของเหลว (liquid) หรือแม้กระทั่ง อัตราการไหล (flow rate) เป็นต้นจากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็น สัญญาณออกหรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในรูปแบบหนึ่ง (measurable output) ที่สามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้ โดยอาศัยหลักการที่แตกต่างกันไปแต่ละตัว เพื่อ เปลี่ยนจากคุณสมบัติของฟิสิกส์มาเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น ที่ใช้งานกันใน Sumo Robot คือ เซนเซอร์ สีขาวดำโดยอาศัยหลักการสะท้อนแสงของสีขาวและสีดำทางฟิสิกส์แล้วจะเห็นว่าสีขาวมีอัตราการสะท้อนแสงมากกว่าสีดำ เราจึงสามารถนำแสงสะท้อนมาเปรียบเทียบได้ โดยใช้ตัวเซนเซอร์คือ อุปกรณ์จำพวก โฟโต้เช่น โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ LDR เป็นต้น ซึ่งจะมีความไวต่อแสงมาก ตัวเซนเซอร์ส่วนใหญ่เมื่อแสดงผลเอาต์พุตจะแสดงผลในรูปความต้านทานที่เปลี่ยนไปตามสภาวะของตัวเซนเซอร์นั้น ๆ และเซนเซอร์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์การตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ และไม่ว่าจะเป็น ระบบการวัด หรือควบคุมการผลิตทางอุตสาหกรรม ตัวแปรของระบบที่จะทำการวัดค่าหรือสภาพของขบวนการที่ต้องการควบคุมส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของปริมาณทางฟิสิกส์ ดังนั้นจากเหตุผลในความจำเป็นที่จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์เหล่านั้นด้วยเซนเซอร์ไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบหรือเพื่อแสดงสถานะสภาพกระบวนการของระบบ โดยทั่วไปเทคโนโลยีของเซนเซอร์ได้ถูกนำไปใช้ เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในลักษณะงาน 2 ประเภท คือใช้ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์เพื่อนำไปแสดงผลการตรวจวัดหรือการจัดเก็บบันทึกเป็นข้อมูลในระบบการวัด (measurement system)และใช้ตรวจสอบสภาพขบวนการ (process variable) ในระบบควบคุม (control system) เซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดข้อมูลที่เป็นตัวแปรทางฟิสิกส์ โดยมากจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อแสดงสถานะสภาพในขณะนั้น ในปัจจุบันในวงการเซนเซอร์ ได้พัฒนาไปมาก มีเซนเซอร์ให้เราได้เลือกใช้มากมาย มีวงจรที่ง่ายขึ้น มีความแน่นอน สูง จึงทำให้สามารถมีตัวเลือกในการใช้งานมากขึ้น งานที่จะทำก็

ง่ายขึ้นถ้าจะศึกษาด้านนี้ จะได้มีความรู้สามารถคิดประดิษฐ์โครงงานใหม่ต่อไปเพราะในบางสิ่งที่คิดไม่ถึงว่า เซนเซอร์จะสามารถตรวจจับได้ เช่น ปริมาณการไหลของน้ำ อากาศ การทรงตัวของหุ่นยนต์ 2 ขา หรือเซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นในอากาศ กลิ่น หรือ น้ำในกล่อง เป็นต้น

หลักการทำงานพื้นฐานของเซนเซอร์ เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ แล้วทำหน้าที่เปลี่ยนให้เป็นปริมาณที่ได้รับจากการตรวจวัดในอีกรูปแบบหนึ่งขึ้นมา ซึ่งเป็นสัญญาณออกของเซนเซอร์เพื่อที่จะนำไปประมวนผลต่อ

2. ชุดประมวลผลของหุ่นยนต์

ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตลอดจนระบบโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งติดตั้งอยู่ภายใน เป็นตัวควบคุมเกือบทั้งหมด อุปกรณ์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมีหลายชนิด เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน หุ่นยนต์ เป็นต้น

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่น ๆ หลายวงจร และทำงานรวมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmatic Logic Unit) วงจรออสซิลเลเตอร์ (Osillator) หน่วยความจำ (Memory : ROM, RAM)วงจรรับสัญญาณอินพุตและขับสัญญาณเอาต์พุต (I/O port) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมต่าง ๆ ได้ดี เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมได้อย่างอิสระ แล้วแต่เราต้องการควบคุมอะไร ปัจจุบัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ PIC16F877 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดียว (SingleChip Microcontroller) ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย การศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงมีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนซึ่งจะต้องศึกษาควบคู่กันไปด้วย

2.2 หลักการพื้นฐานการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การความคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ปัจจุบันมีความนิยมสูง เช่น การแข่งขันหุ่นยนต์ยกของ การแข่งขันหุ่นยนต์เดินตามเส้นทาง แนวตรง หรือแนวลาดเอียง การแข่งขันหุ่นยนต์เตะฟุตบอล เป็นต้น การความคุมหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะแตกต่างจากการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยคอมพิวเตอร์หรือ PLC ซึ่งการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีราคาถูกกว่าตลอดจนการเคลื่อนย้ายจะสะดวกมากกว่านั้นเอง ส่วนการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยคอมพิวเตอร์ หรือ PLC ส่วนมากจะใช้ควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ แต่สำหรับหน่วยนี้จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 และไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PLC มาใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ โดย จะทดลองการควบคุมการทำงานทำงานของ มอเตอร์ Stepping Motor, DC

Motor, DC Servo Motor, และ AC Servo Motor โดยผู้ศึกษาจะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และซอฟท์แวร์ ภาษา ซี

2.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) CPU เปรียบได้กับสมองของคนเรานั่นเอง เพราะการคำนวณต่าง ๆ เกิดขึ้นที่นี่ CPU ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ หลายวงจร เช่น Decoder , Register, Counter, Adder, Subtraction, Buffer, Oscillator เป็นต้น

2.1.2 หน่วยความจำ (Memory) สำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1) หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal RAM)

หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผลโปรแกรม สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ในขณะที่มีไฟเลี้ยง แต่เมื่อไม่จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลต่าง ๆ จะหายไป หากหน่วยความจำไม่พอ ต้องหาหน่วยความจำภายนอกเพิ่ม (External RAM หรือ Data Memory)

2) หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory หรือ ROM)

หน่วยความจำส่วนนี้ใช้เก็บโปรแกรมที่เราเขียน สามารถอ่านได้อย่างเดียวขณะประมวลผล ถ้าจะเขียนข้อมูลลง ROM จะต้องใช้โปรแกรม

2.1.3 พอร์ตอินพุท/เอาต์พุท (I/Oport) พอร์ตมีหน้าที่ทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกได้ แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต เช่น สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ Pushbutton, Keypad, Sensor, LCD เป็นต้น

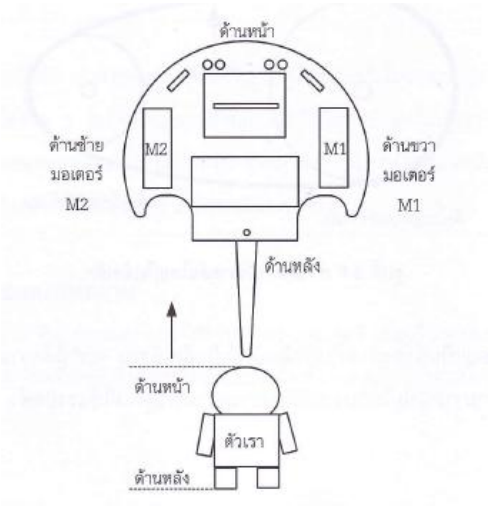
2.1.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS -51 แบบแฟลชในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS -51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำอยู่ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งชิปแต่ละเบอร์ก็มีขนาดและราคาไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

2.1.5 การควบคุมระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 หุ่นยนต์ทุกชนิดจะประกอบไปด้วยระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าเป็นหลัก เพื่อให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ หรือหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการ การควบคุมระบบขับเคลื่อนนี้จะใช้ Microcontroller MCS -51 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วย Stepping Motor DC Motor DC Servo Motor และอุปกรณ์ในการควบคุมจะใช้การกด keypad พร้อมกับแสดงผลที่โมดูล LCD

3. ทฤษฎีการเคลื่อนที่

3.1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์แต่ละละชนิดส่วนใหญ่แล้ว จะมีทิศทางการเคลื่อนที่เคลื่อนที่คล้ายกัน โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวกำหนดซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งในที่นี้จะจำลองแบบหุ่นยนต์ ในรูป เป็นต้นแบบในการอธิบาย



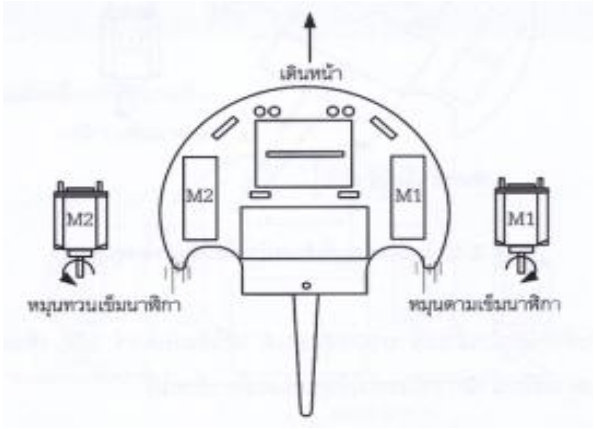
ภาพที่ 1 มุมมองหุ่นยนต์จากด้านบน

(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 24)

ในรูป เป็นการมองหุ่นยนต์จากบนลงล่าง โดยให้วางหุ่นยนต์กับพื้นราบให้ปลายหางอยู่ด้านหน้าตัวเราโดยจะเห็นว่ามอเตอร์ M1 จะอยู่ขวามือของเราส่วนมอเตอร์ M2 จะอยู่ซ้ายมือ ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่จะอ้างอิงจากในรูปที่ 2.36

3.1.1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า

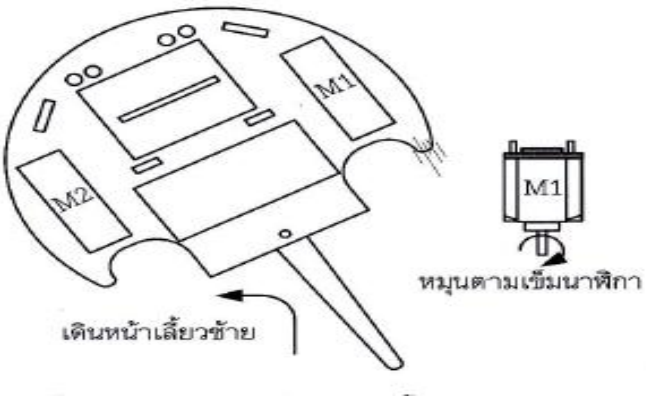
การเคลื่อนที่เดินหน้าของหุ่นยนต์จะใช้มอเตอร์ M1 และ M2 โดยให้ต่อมอเตอร์ M1 หมุนไปตามเข็มนาฬิกา และต่อมอเตอร์ M2 หมุนทวนเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์
(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 25)

3.1.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวซ้าย

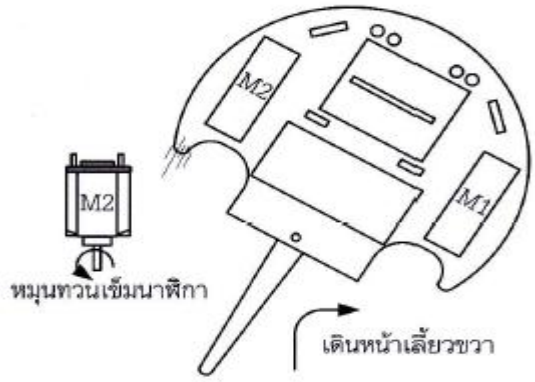
การเคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์ จะใช้มอเตอร์ M1 เพียงตัวเดียว โดยต่อให้มอเตอร์ M1 หมุนไปตามเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้ายได้



ภาพที่ 3 การเคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์
(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 26)

3.1.3 หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวขวา

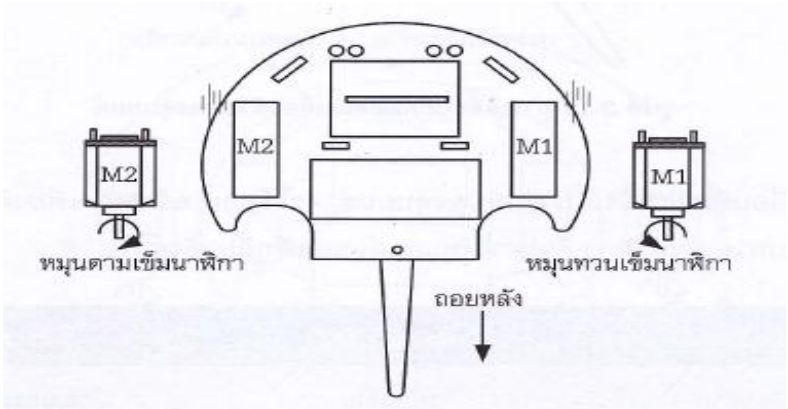
การเคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์ จะใช้เฉพาะมอเตอร์ M2 โดยต่อให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวาได้



ภาพที่ 4 การเคลื่อนที่เดินหน้าเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์
(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 26)

3.1.4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง

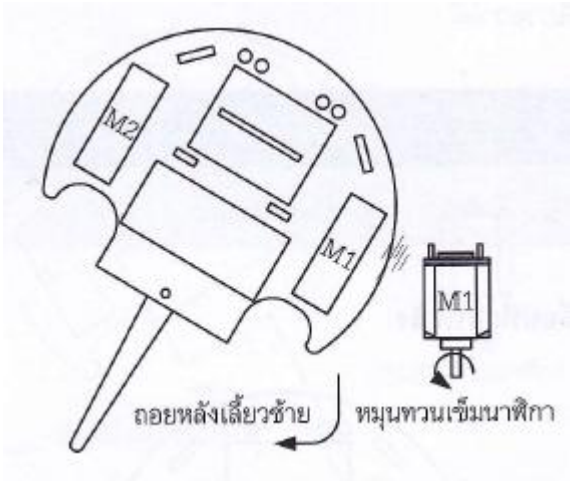
การเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์ จะใช้มอเตอร์ M1 และ M2 โดยต่อให้มอเตอร์ M1 หมุนทวนเข็มนาฬิกา และต่อมอเตอร์ M2 หมุนตามเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้หุ่นยนต์ถอยหลังได้



ภาพที่ 5 การเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์
(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 27)

3.1.5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวซ้าย

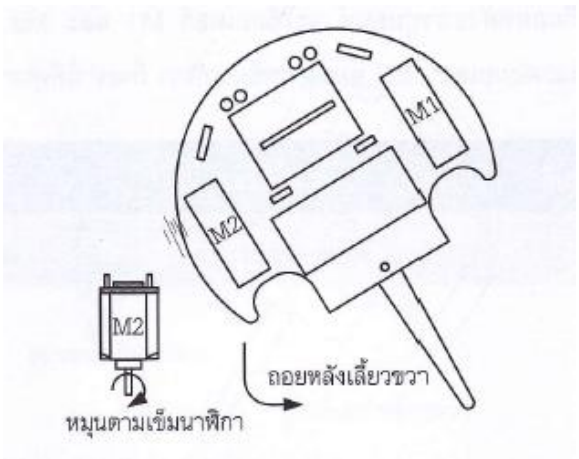
การเคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์ จะใช้มอเตอร์ M1 เพียงตัวเดียว โดยต่อให้มอเตอร์ M1 หมุนไปทวนเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้หุ่นยนต์ถอยหลังเลี้ยวซ้ายได้



ภาพที่ 6 การเคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์
(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 28)

3.1.6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวขวา

การเคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์ จะใช้แค่มอเตอร์ M2 เท่านั้นโดยต่อให้มอเตอร์ M2 หมุนไปตามเข็มนาฬิกา ก็จะทำให้หุ่นยนต์ถอยหลังเลี้ยวขวาได้



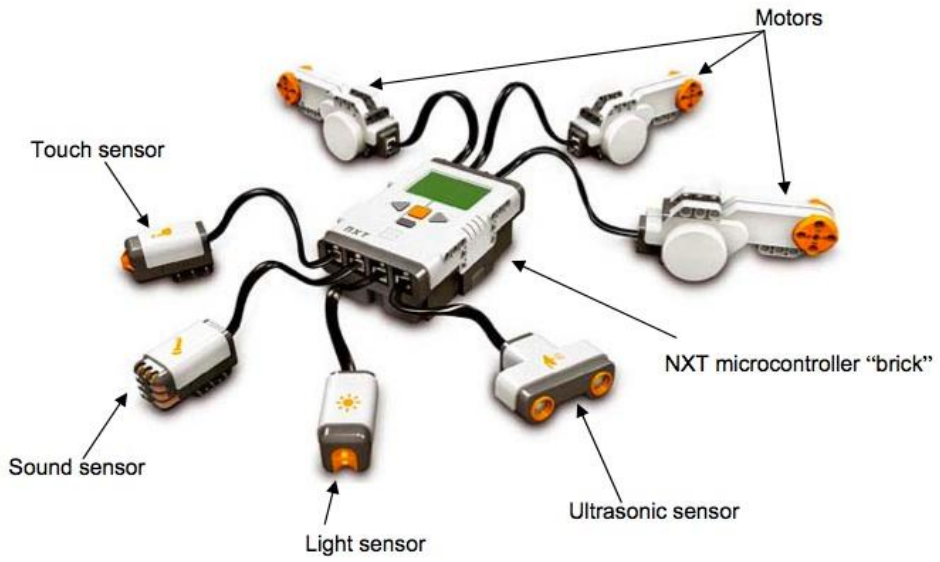
ภาพที่ 7 การเคลื่อนที่ถอยหลังเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์
(ที่มา สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์ . ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.หน้า 28)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์และพัฒนาระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์

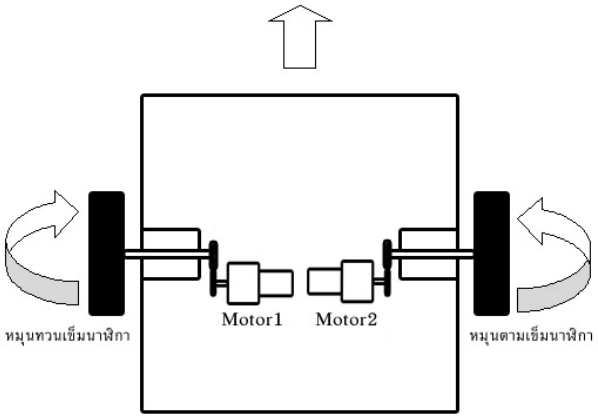
อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ LEGO MINDSTORMS NXT เป็นชุดสร้างหุ่นยนต์ และเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์โดย LEGO Group ชุด NXT ประกอบด้วยโมดูลไมโครคอมพิวเตอร์ ที่เราสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุม อุปกรณ์ มอเตอร์ เซ็นเซอร์ต่าง ๆ และตัวต่ออื่น ๆ มาประกอบเพื่อสร้างหุ่นยนต์ได้อุปกรณ์ ตรงกลางเรียกว่า NXT Brick ซึ่งทำหน้าที่เป็นสมองหรือส่วนควบคุมของหุ่นยนต์ NXT MINDSTORMS ข้างในจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมใส่เข้าไปผ่านทางพอร์ต USB หรือทาง Bluetooth ซึ่ง NXT Brick จะมีพอร์ต 4 พอร์ตสำหรับใส่เซ็นเซอร์ (พอร์ต 1, 2, 3 และ 4) และพอร์ต 3 พอร์ตสำหรับการส่งออก (A, B และ C) ขับเคลื่อนมอเตอร์และอุปกรณ์ส่งออกอื่น ๆ มีจอ LCD สำหรับแสดงข้อมูลและมีปุ่มสำหรับการเลือกเมนูต่าง ๆ บนตัว BrickNXT Brick ใช้แบตเตอรี่ AA หกก้อน และในชุดมาตรฐาน Education Base Set (รหัส 9797) จะมาพร้อมกับชุดแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้



ภาพที่ 8 NXT Brick, มอเตอร์ และเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ

2. การออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

วิธีการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใช้เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ไม่ว่าจะเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวานั้น จะต้องอาศัยการควบคุมการทำงานของมอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการบังคับล้อให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิการเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามที่สั่งงาน



ภาพที่ 9 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

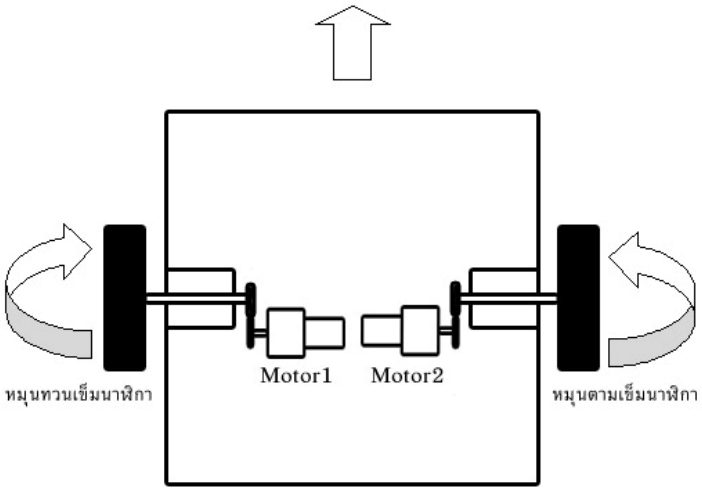
ลักษณะการติดตั้งมอเตอร์เข้ากับล้อของรถหุ่นยนต์นั้นจะสังเกตเห็นได้ว่า ตัวมอเตอร์ถูกจัดวางอยู่ในทิศทางที่ตรงกันข้าม ดังนั้นในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันนั้น ตัวมอเตอร์ที่อยู่ทางด้ายซ้ายและขวาจะต้องทำงานในทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน โดยมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ทางด้านล้อขวาจะใช้วิธีการควบคุมแบบปรกติ ส่วนมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่กับล้อด้านซ้ายจะใช้วิธีการควบคุมแบบกลับทางหรือตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการให้ตัวรถขับเคลื่อนไปด้านหน้า บังคับให้มอเตอร์ตัวที่บังคับการหมุนของล้อทางด้านขวาหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเพื่อบังคับให้ล้อขวาหมุนไปด้านหน้าส่วนมอเตอร์ตัวที่ทำหน้าที่บังคับการหมุนของล้อด้านซ้าย ก็จะต้องถูกบังคับให้หมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามคือทวนเข็มนาฬิกาเพื่อบังคับให้ล้อด้านซ้ายหมุนไปด้านหน้า เป็นต้น สำหรับวิธีการบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์นั้น สามารถทำการบังคับให้หุ่นยนต์เลี้ยวไปในทิศทางที่เราต้องการได้โดยใช้วิธีการควบคุมมอเตอร์ด้านซ้าย และมอเตอร์ด้านขวา ดังตารางในการใช้สัญญาณควบคุม

ตารางที่ 1 แสดงตารางการควบคุมมอเตอร์

สถานะ	มอเตอร์ด้านซ้าย		มอเตอร์ด้านขวา	
เดินหน้า	1	0	0	1
ถอยหลัง	0	1	1	0
เลี้ยวซ้าย	1	0	1	0
เลี้ยวขวา	0	1	0	1
หยุดเดิน	0	0	0	0

2.1 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้า

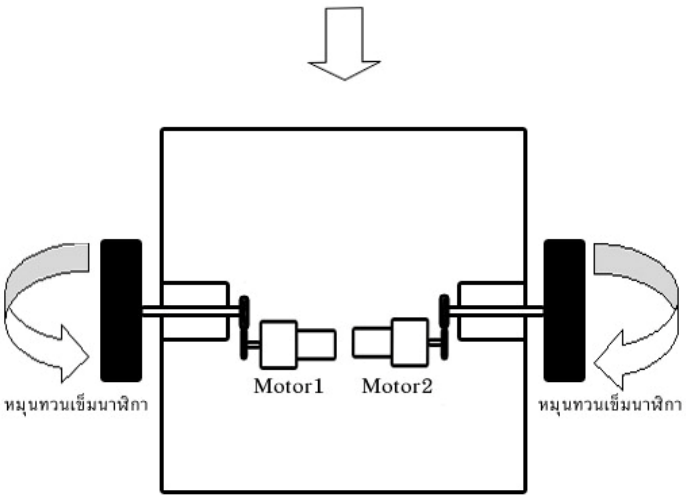
วิธีการบังคับให้รถหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้านั้น สามารถทำได้โดยบังคับให้มอเตอร์ที่ใช้ควบคุมล้อด้านซ้ายหมุนทวนเข็มนาฬิกา และมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมล้อขวา หมุนตามเข็มนาฬิกา(ส่งสัญญาณควบคุมเป็น 1 0 และ 0 1)



ภาพที่ 10 การเคลื่อนที่ไปด้านหน้าของหุ่นยนต์

2.2 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง

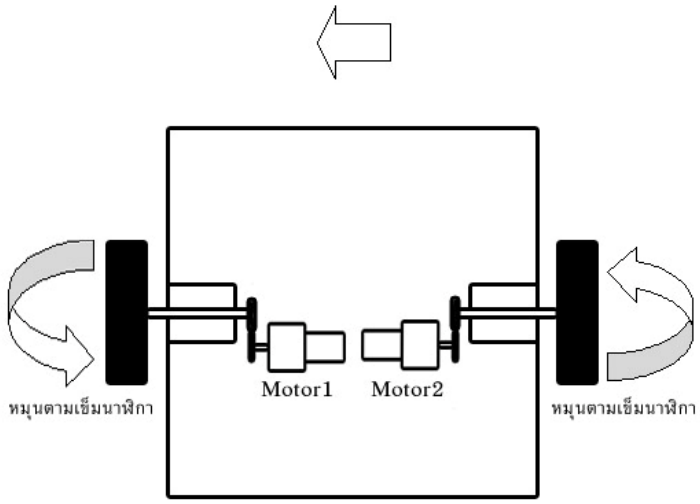
วิธีการบังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังนั้น จะมีวิธีการตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า คือการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้เป็นตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ซึ่งสามารถทำได้โดยการบังคับให้มอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการหมุนของล้อซ้ายหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการหมุนของล้อขวาต้องบังคับให้หมุนแบบทวนเข็มนาฬิกา (สัญญาณควบคุมเป็น 0 1 และ 1 0)



ภาพที่ 11 การเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์

2.3 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

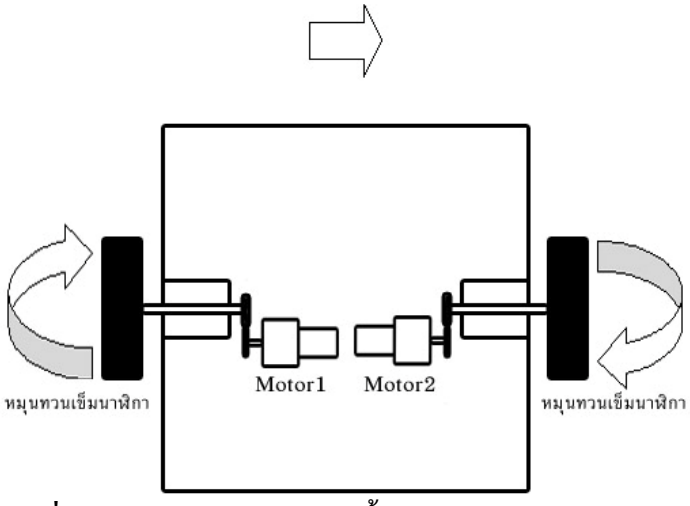
สำหรับวิธีการบังคับเลี้ยวซ้าย สามารถกระทำได้โดยการบังคับให้ล้อทางด้านซ้ายและขวาหมุนไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกล่าวคือ ล้อทางด้านซ้ายจะถูกบังคับให้หมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนล้อทางด้านขวาจะถูกบังคับให้หมุนตามเข็มนาฬิกาเช่นกัน(สัญญาณควบคุมเป็น1 0และ1 0)



ภาพที่ 12 การบังคับหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

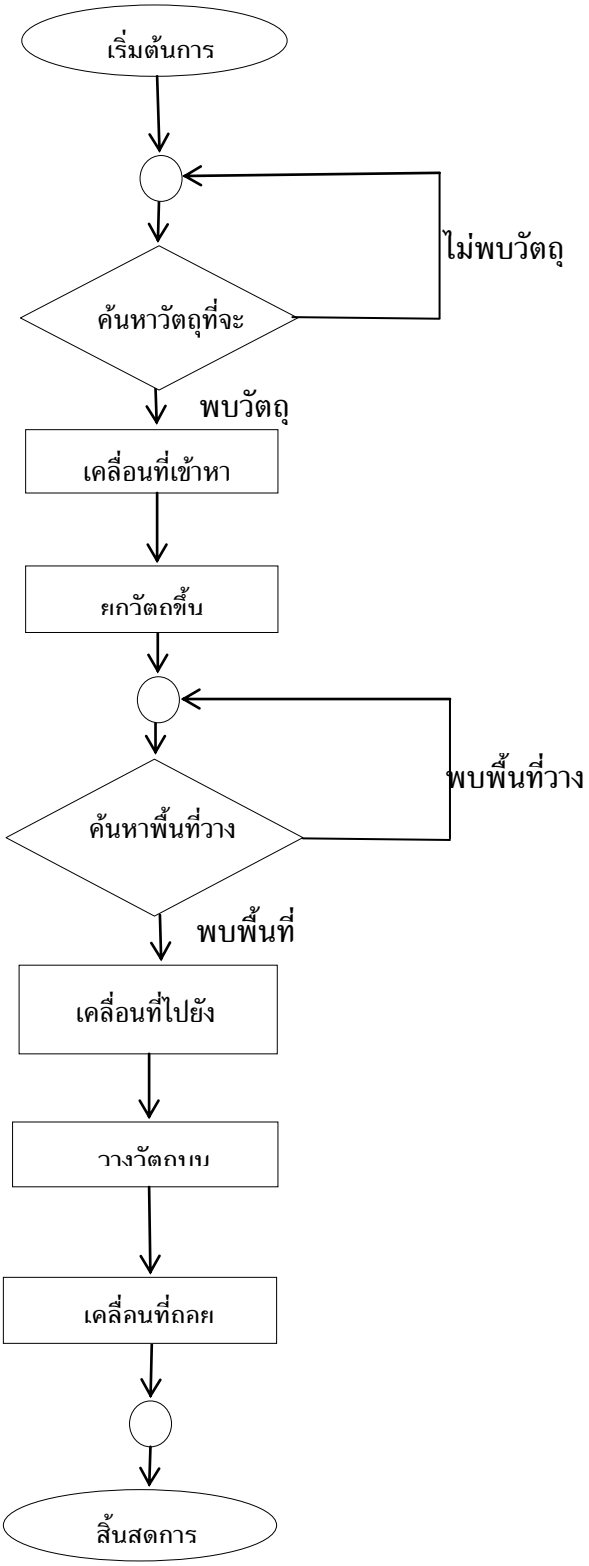
2.4 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เลี้ยวขวา

สำหรับวิธีการบังคับเลี้ยวแบบนี้ สามารถกระทำได้โดยการบังคับให้ล้อทางด้านซ้ายและขวาหมุนไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกล่าวคือ ล้อทางด้านขวาจะถูกบังคับให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนล้อทางด้านซ้ายจะถูกบังคับให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาเช่นกัน(สัญญาณควบคุมเป็น01และ01)



ภาพที่ 13 การบังคับหุ่นยนต์เลี้ยวขวา

3. ผังงานโปรแกรมระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



ภาพที่ 14 ผังงานโปรแกรมระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

4. การทดสอบระบบ

หลังจากได้พัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบ โดยการทดสอบนี้จะให้นักศึกษาร่วมทดลองควบคุมหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อประเมินความพึงพอใจต่องานวิจัยชิ้นนี้ โดยมีหัวข้อการทดสอบดังนี้

4.1 การทดสอบความแม่นยำในการวัดระยะทางของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค

ในการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิคนั้น ผู้วิจัยได้ทดสอบวัดระยะทางเทียบกับตลับเมตรเพื่อหาค่าความผิดพลาดในการวัดระยะทางของตัวเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค โดยใช้หน่วยในการวัดเป็นเซนติเมตร วัดระยะทางจาก 1 ถึง 15 เซนติเมตรเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนโดยจะทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 2 การทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค

เซนเซอร์วัดระยะ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ตลับเมตร (ซม.)	ความคาดเลื่อน	ตลับเมตร (ซม.)	ความคาดเลื่อน	ตลับเมตร (ซม.)	ความคาดเลื่อน
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

4.3 การทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ

ในการทดสอบความถูกต้องนั้นจะทำการทดสอบด้วยการสังเกตุพฤติกรรมของหุ่นยนต์จากการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่

ตารางที่ 3 การทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ

น้ำหนักของวัตถุ (กรัม)	ระยะเวลาการเคลื่อนย้ายวัตถุ (นาที)			ระยะเวลาเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	

5. การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล

5.1 สูตรการหาค่าร้อยละ

$$P = \frac{F \times 100}{n}$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลค่าให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

5.2 สูตรการหาค่าเฉลี่ย

$$\mu = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ μ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของความถี่ คูณ คะแนน

n แทน ผลรวมทั้งหมดของความถี่ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนข้อมูลทั้งหมด

5.3 สูตรการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\sigma = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนคู่ทั้งหมด

X แทน คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มข้อมูล

$\sum x$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การทดสอบการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์และระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ โดยระบบควบคุมการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดให้หุ่นยนต์ทำงานตามเงื่อนไขเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์

1. ผลการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์

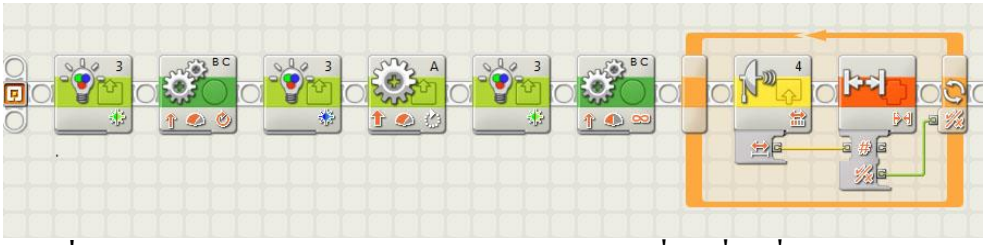
การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ให้รองรับวิธีการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ไม่ว่าจะเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา

ภาพที่ 15 แสดงอุปกรณ์ส่วนการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

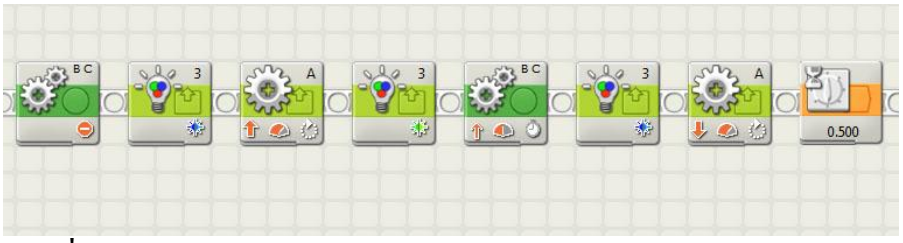
การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ให้รองรับการยกและขนย้ายวัตถุ

ภาพที่ 16 แสดงหุ่นยนต์ที่ใช้สำหรับการขนย้ายวัตถุ

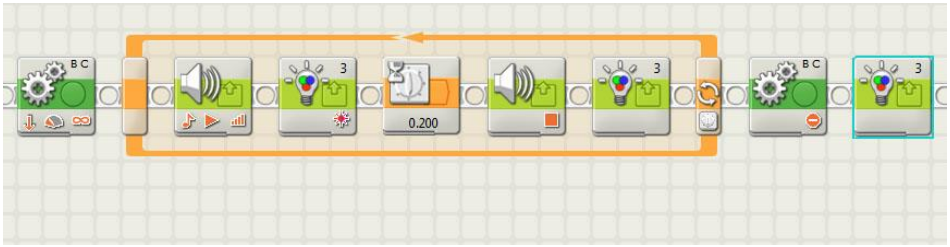
2. ผลการออกแบบการทำงานโปรแกรมของหุ่นยนต์



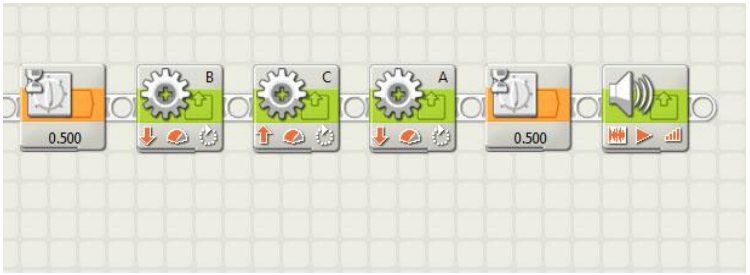
ภาพที่ 17 แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมเพื่อเคลื่อนที่ค้นหาวัตถุ



ภาพที่ 18 แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมยกวัตถุ



ภาพที่ 19 แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมขนย้ายและวางวัตถุ



ภาพที่ 20 แสดงการออกแบบการทำงานของโปรแกรมหยุดการทำงาน

3. ผลการทดสอบระบบ

3.1 การทดสอบวัดความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค

ในการทดสอบวัดความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิคนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบโดยใช้ตลับเมตรวัดเพื่อเปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้จากเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค โดยทำการวัดระยะทางตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ถึง 15 เซนติเมตร จำนวน 3 ครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบนี้แสดงดังตารางที่ 2 ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์อุลตร้าโซนิค

เซนเซอร์วัดระยะ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย
	ตลับเมตร (ซม.)	ความคาดเคลื่อน	ตลับเมตร (ซม.)	ความคาดเคลื่อน	ตลับเมตร (ซม.)	ความคาดเคลื่อน	
1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
2.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00
3.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00
4.00	4.00	0.00	4.00	0.00	4.10	0.10	0.30
5.00	5.10	0.10	5.00	0.00	5.10	0.10	0.70
6.00	6.10	0.10	6.10	0.10	6.10	0.10	0.10
7.00	7.20	0.20	7.10	0.10	7.10	0.10	0.13
8.00	8.20	0.20	8.10	0.10	8.20	0.20	0.17
9.00	9.10	0.10	9.20	0.20	9.20	0.20	0.17
10.00	10.20	0.20	10.20	0.20	10.20	0.20	0.20
11.00	11.30	0.30	11.20	0.20	11.20	0.20	0.23
12.00	12.20	0.20	12.20	0.20	12.30	0.30	0.23
13.00	13.30	0.30	13.30	0.30	13.30	0.30	0.30
14.00	14.40	0.40	14.30	0.30	14.30	0.30	0.33
15.00	15.30	0.30	15.30	0.30	15.40	0.40	0.33

จากตารางที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระยะทางจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

3.2 การทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ

ตารางที่ 5 แสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

น้ำหนักของวัตถุ (กรัม)	ระยะเวลาการเคลื่อนย้ายวัตถุ (นาที)			ระยะเวลาเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.40	8.34	8.45	8.59	8.46
0.60	8.53	8.59	8.50	8.54
0.80	8.56	8.49	9.25	8.77
1.00	8.59	9.20	9.32	9.04
1.20	9.20	9.35	9.42	9.32
1.40	9.57	9.52	9.55	9.55
1.60	9.58	10.37	10.42	10.12
1.80	10.45	10.58	10.56	10.53
2.00	10.54	10.57	11.55	10.89

ตารางที่ 6 แสดงผลการทำงานขอระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

น้ำหนักของวัตถุ (กรัม)	ระยะเวลาการเคลื่อนย้ายวัตถุ (นาที)			ระยะเวลาเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.40	5.34	5.37	5.45	5.39
0.60	5.43	5.40	5.45	5.43
0.80	5.44	5.49	5.52	5.48
1.00	5.47	5.53	5.48	5.49
1.20	5.50	5.53	5.52	5.52
1.40	5.57	5.52	5.55	5.55
1.60	5.58	5.55	5.57	5.57
1.80	5.57	5.58	5.64	5.60
2.00	5.54	5.57	5.65	5.59

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ

การวิจัยเรื่อง ระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์และพัฒนาระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ซึ่งมีผลความพึงพอใจในการทำงานของหุ่นยนต์ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการประเมินสภาวะแวดล้อมของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ผลการประเมินปัจจัยการนำเข้า/Input

ตอนที่ 3 การประเมินขบวนการผลิต/ Process

ตอนที่ 4 ผลการประเมินผลผลิต/Output

รายละเอียดของแต่ละตอน มีดังนี้

4.1 ตอนที่ 1 ผลการประเมินสภาวะแวดล้อมของผู้ตอบแบบประเมิน

ผลการประเมินสภาวะแวดล้อมของผู้ตอบแบบประเมิน ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจปรากฏผลดังตารางที่ 6

ตาราง 6 การแจกแจงตัวอย่างตามคุณลักษณะของแหล่งข้อมูล

ตัวแปรคุณลักษณะของแหล่งข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
1.เพศ ชาย หญิง	 14 1	 93.33% 6.67%
รวม	15	100%
2.ระดับการศึกษา ชั้นปีที่ 1 ชั้นปีที่ 2	 10 5	 66.67% 33.33%
รวม	15	100%
3.ท่านเคยได้ศึกษาเรียนรู้การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ เคย ไม่เคย	 2 13	 13.33% 86.67%
รวม	15	100%
4.ท่านเห็นด้วยหรือไม่ที่จะมีการออกแบบและพัฒนา		

ระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย	 15 –	 100% –
รวม	15	100%
5.หากมีการพัฒนา การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ ท่านจะสนใจเรียนรู้หรือไม่ สนใจ ไม่สนใจ	 15 –	 100% –
รวม	15	100%

จากตาราง 6 พบว่า ผลการประเมินความสภาวะแวดล้อมของผู้ตอบแบบประเมินมีการแจกแจงตัวอย่างตามคุณลักษณะของแหล่งข้อมูลดังนี้ ผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจในเพศชายคิดเป็นร้อยละ 93.33% และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 6.67% โดยมีระดับการศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 66.67% ระดับการศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 33.33% ซึ่งผู้ตอบแบบประเมินผลความพึงพอใจเคยได้รับการเรียนรู้การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ คิดเป็นร้อยละ 13.33% และผู้ตอบแบบประเมินผลความพึงพอใจไม่เคยได้รับการเรียนรู้การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ คิดเป็นร้อยละ 86.67% โดยผู้ตอบแบบประเมินผลความพึงพอใจเห็นด้วยที่มีการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ คิดเป็นร้อยละ 100% โดยผู้ตอบแบบประเมินผลความพึงพอใจสนใจการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์คิดเป็นร้อยละ 100% และหัวข้อที่ผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจสนใจจะเรียนผ่านการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ มากที่สุดคือ การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ในบริบทอื่น ๆ

4.2 ตอนที่ 2 ผลการประเมินปัจจัยการนำเข้า/Input

ผลการประเมินปัจจัยการนำเข้า/Input ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจปรากฏผลดังตารางที่ 7

ตาราง 7 ระดับความพร้อมของปัจจัยการนำเข้า/Input

ปัจจัยการนำเข้า/Input	ระดับความเหมาะสม			เกณฑ์	ผลการประเมิน
	μ	σ	แปลความ		
1.การออกแบบเชิงโครงสร้าง แต่ละส่วนมีความเหมาะสม	4.08	0.40	มาก	เกณฑ์การพิจารณาผ่านเกณฑ์คืออยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\mu \geq 3.50$ $\sigma < 1$)	ผ่าน
2.อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกใช้สำหรับการออกแบบหุ่นยนต์ มีความเหมาะสมกับการตอบสนอง ของหุ่นยนต์ที่เลียนแบบพฤติกรรมมนุษย์	4.36	0.57	มาก		ผ่าน
3.การออกแบบเชิงโปรแกรม มีลำดับที่เหมาะสมต่อการตอบสนอง ของหุ่นยนต์ที่เลียนแบบพฤติกรรมมนุษย์	4.32	0.56	มาก		ผ่าน
4.มีการจัดหมวดหมู่การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แต่ละส่วนอย่างเป็นระบบ	4.24	0.52	มาก		ผ่าน
5.หลังจากเรียนผ่านสื่อการเรียนรู้ด้วยหุ่นยนต์ มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มากขึ้นในระดับใด	4.16	0.62	มาก		ผ่าน
รวม	4.23	0.53	มาก	-	ผ่าน

จากตาราง 7 พบว่า ปัจจัยในการการนำเข้า/Inputโดยรวมมีความพร้อมอยู่ในระดับ”มาก” (μ=4.23,σ=0.53) ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินตามที่กำหนด เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า หลังจากศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ทำให้มีความเข้าใจอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกใช้สำหรับการออกแบบหุ่นยนต์ มีความเหมาะสมกับการตอบสนอง ของหุ่นยนต์ที่เลียนแบบพฤติกรรมมนุษย์มากขึ้นในระดับมาก (μ=4.36,σ0.57) เป็นอันดับ 1 รองลงมา การออกแบบเชิงโปรแกรม มีลำดับที่เหมาะสมต่อการตอบสนองตรงต่อความต้องการ

ของผู้เรียนในระดับมาก (μ=4.32,σ=0.56) และมีการจัดหมวดหมู่การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตรงต่อความต้องการของผู้เรียนในระดับมาก (μ=4.24,σ=0.52)

4.3 ตอนที่ 3 การประเมินขบวนการผลิต/ Process

ผลการประเมินความเหมาะสมในการดำเนินการด้านกระบวนการผลิต ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจ ปรากฏผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 8 ระดับความเหมาะสมในการดำเนินงานด้านกระบวนการ

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม			เกณฑ์	ผลการประเมิน
	μ	σ	แปลความ		
1.การเชื่อมโยงการทำงานเชิงโครงสร้างของส่วนประกอบแต่ละส่วนมีความเหมาะสม	4.20	0.62	มาก	เกณฑ์การพิจารณาผ่านเกณฑ์คืออยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\mu \geq 3.50$ $\sigma < 1$)	ผ่าน
2.อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ มีการทำงานเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม	4.36	0.49	มาก		ผ่าน
3.ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ มีความเหมาะสม	4.24	0.66	มาก		ผ่าน
4.ระยะเวลาในการตอบสนองของหุ่นยนต์ต่อสิ่งแวดล้อมที่มีความเหมาะสม	3.96	0.73	มาก		ผ่าน
รวม	4.19	0.63	มาก	-	ผ่าน

จากตาราง 8 พบว่า ปัจจัยในการประเมินขบวนการผลิต/ Process โดยรวมมีความพร้อมอยู่ในระดับ ”มาก” (μ=4.19,σ=0.63) ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินตามที่กำหนด เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า หลังจากศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ทำให้มีความเข้าใจอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ เสียง มีการทำงานเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสมมากขึ้นในระดับมาก (μ=4.36,σ0.49) เป็นอันดับ 1 รองลงมา ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ มีความเหมาะสมตรงต่อความต้องการของผู้เรียนในระดับมาก (μ=4.24,σ=0.66) และมีการเชื่อมโยงการทำงานเชิงโครงสร้างของส่วนประกอบแต่ละส่วนมีความเหมาะสมตรงต่อความต้องการของผู้เรียนในระดับมาก (μ=4.20,σ=0.62)

4.4 ตอนที่ 4 ผลการประเมินผลผลิต/Output

การประเมินผลผลิตของสื่อการเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจ ปรากฏผลดัง

ตาราง 9 ผลการประเมินผลผลิต/Output

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม			เกณฑ์	ผลการประเมิน
	μ	σ	แปลความ		
1.อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์มีการโต้ตอบได้ถูกต้องและชัดเจน	4.28	0.54	มาก	เกณฑ์การพิจารณาผ่านเกณฑ์คืออยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\mu \geq 3.50$ $\sigma < 1$)	ผ่าน
2.การแสดงผลของหุ่นยนต์มีการโต้ตอบอย่างรวดเร็ว	4.64	0.64	มากที่สุด		ผ่าน
3.การเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์เป็นไปตามลำดับของคำสั่งควบคุม	4.40	0.58	มาก		ผ่าน
4.การแสดงผลของหุ่นยนต์มีความน่าสนใจ และน่าติดตาม	4.44	0.58	มาก		ผ่าน
รวม	4.44	0.59	มาก	-	ผ่าน

จากตาราง 4.4 พบว่า ผลการประเมินผลผลิต/Output โดยรวมมีความพร้อมอยู่ในระดับ ”มาก” (μ=4.44,σ=0.59) ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินตามที่กำหนด เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า หลังจากศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ การแสดงผลของหุ่นยนต์มีการโต้ตอบอย่างรวดเร็วในระดับมากที่สุด (μ=4.64,σ0.64) เป็นอันดับ 1 รองลงมา การแสดงผลของหุ่นยนต์มีความน่าสนใจ และน่าติดตามมีความเหมาะสมตรงต่อความต้องการของผู้เรียนในระดับมาก (μ=4.44,σ=0.58) และมีการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์เป็นไปตามลำดับของคำสั่งควบคุมมีความเหมาะสมตรงต่อความต้องการของผู้เรียนในระดับมาก (μ=4.40,σ=0.58)

บทที่ 5
สรุปผล

1. สรุปผล

ในการจัดทำวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ครั้งนี้ ผลการทดลองในการทำสารนิพนธ์ โดยนำมาจากการกรอกแบบประเมินของนักเรียนนักศึกษาชั้นปีที่ 1-2 สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จำนวน 15 คน ให้ทำการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ พร้อมกับอธิบายหลักการทำงาน และกรอกแบบสอบถาเพื่อที่จะนำมาประเมินหาประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ จากผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในรูปแบบตารางในบทที่ 4 ซึ่งนำมาอภิปรายผลการ ทดลองได้ดังนี้คือ

1.1 การประเมินปัจจัยการนำเข้า (Input) เช่น การออกแบบโครงสร้าง การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ การอธิบายการทำงานของโปรแกรม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจระดับมาก

1.2.การประมวลขบวนการผลิต (Process) เช่น การเชื่อมโยงการทำงานของโครงสร้างเซอร์โวมอเตอร์ เซนเซอร์ เสียง โปรแกรมการควบคุม และผลการตอบสนอง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจระดับมาก

1.3.การประเมินผลผลิต (Output) เช่น มีการโต้ตอบที่ถูกต้องจัดเจน การเคลื่อนไหวเป็นไปตามลำดับของคำสั่ง การแสดงมีความน่าสนใจ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจระดับมาก นอกจากนี้การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ เป็นโปรแกรมที่มีประโยชน์ต่อนักศึกษาสามารถจะทบทวนเนื้อหา และทำการทดสอบเองได้ตลอดเวลา สรุปโดยภาพรวมว่า จากการประเมินพบว่า การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก

1.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระยะทางจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น

1.5 การทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ ผลการทำงานขอระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ มีค่าความคาดเคลื่อนของระยะเวลาการทำงานน้อยกว่า ผลการทำงานของระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ เนื่องจากการระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติหุ่นยนต์จะเสียเวลาในการค้นหาวัตถุนานกว่าระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth)

2. อภิปรายผล

หลังจากคณะผู้จัดทำได้ดำเนินโครงการ ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั้งแล้วเสร็จก็ได้พบปัญหาและวิธีแก้ปัญหาดังนี้

2.1 การทำงานหุ่นยนต์ใช้พลังงานแบตเตอรี่มาก วิธีแก้ไขปัญหา เลือกใช้แบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จพลังงานใหม่ได้

2.2. หน่วยความจำน้อย การบันทึกชุดคำสั่งลงในหุ่นยนต์เพื่อสั่งงานระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์และระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลพร้อมกันได้ วิธีแก้ไขปัญหา เลือกบันทึกชุดคำสั่งเพียง 1 ชุดคำสั่งเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 เพิ่มหน่วยความจำให้เพียงพอต่อการใช้งานให้รองรับการสั่งงานของระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์และระบบควบคุมการทำงานผ่านบูลทูธ (Bluetooth) ของหุ่นยนต์โฟล์คลิฟท์

บรรณานุกรม

กิซอง โด . 2551. **วิทยาศาสตร์ฉลาดรู้ เรื่อง หุ่นยนต์.** กรุงเทพฯ : อมรินทร์คอมมิกส์.

โกวิท โชวสุวรรณ. 2550. **คู่มือนักสร้างหุ่นยนต์ควบคุมด้วยเบสิกแสตมป์.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ดอนสัน ปงผาบ. 2549. **ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน.**กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

เดชฤทธิ์ มณีธรรม. 2549. คัมภีร์หุ่นยนต์.กรุงเทพฯ : เพชรเกษม พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.2554.สู่โลกการสร้างหุ่นยนต์.สำนักพิมพ์สมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2533. **อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. 2545. **ระบบควบคุมเชิงเส้น.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

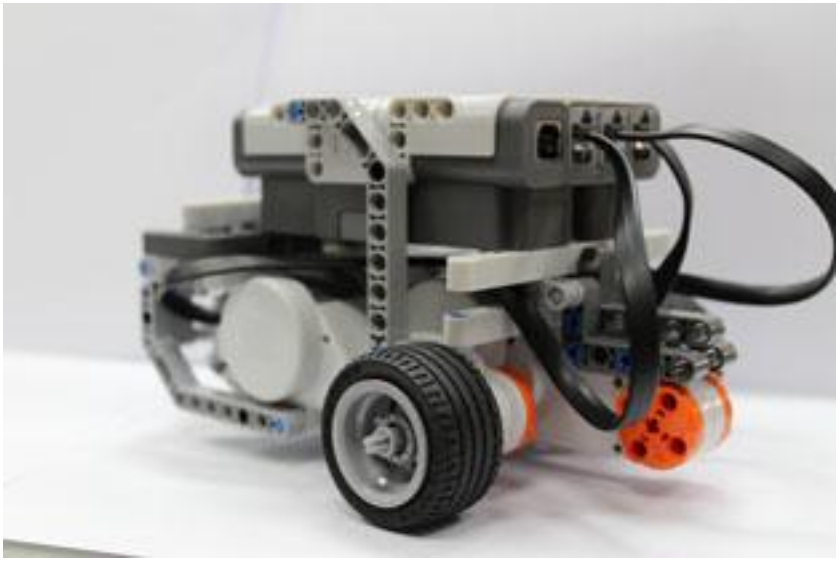
วิศรุต ศรีรัตนะ. 2550. **เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2548. **เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร. กรุงเทพฯ** จัดพิมพ์. บริษัท ซีเอ็ดบูเคชั่น จำกัด(มหาชน).

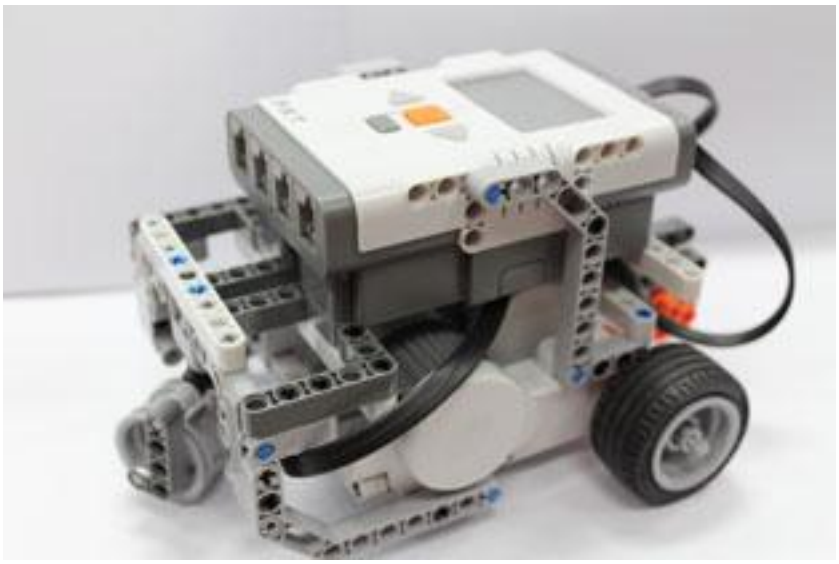
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รูปภาพการการออกแบบโครงสร้างและทดสอบการทำงานของระบบ

การออกแบบส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์

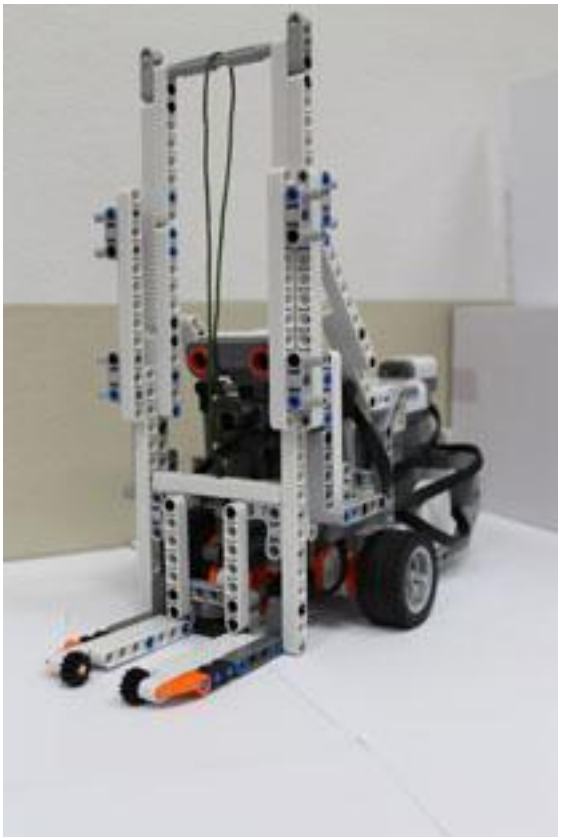


ภาพที่ 21 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ส่วนล้อหลัง



ภาพที่ 22 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ส่วนล้อหน้า

ภาพที่ 23 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนยกวัตถุด้านข้าง



ภาพที่ 24 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนยกวัตถุด้านหน้า

การทดสอบการทำงานของระบบ

ภาพที่ 25 การทดสอบการทำงานของระบบ

ภาพที่ 26 การประเมินผลความพึงพอใจการทำงานของระบบ

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายศานต์ พานิชสิติ

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Sant Phanichsiti

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3679900167260

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำพิเศษ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาคาร 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ หมายเลขโทรศัพท์ หมายเลขโทรศัพท์ 0-5671-7100 ต่อ 1488

   ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) Maxzmust@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

   ปริญญา: ครุศาสตร์บัณฑิต (ภาษาอังกฤษ) มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

   ปริญญา: วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยนเรศวร

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

   หุ่นยนต์, การวิเคราะห์และออกแบบระบบ, การพัฒนาซอฟต์แวร์