ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ หุ่นยนต์ 2 ขา

Two Legs Robot

ชื่อนักศึกษา 1. นายบุญเจตน์ แจ่มจันทร์ รหัสประจำตัว 47035527

2. นายพิษณุ หวังใจ รหัสประจำตัว 47035532

3. นายอัมรินทร์ วิลัยศรี รหัสประจำตัว 47035553

4. นายมงคล คืนคาย รหัสประจำตัว 47035647

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุชิน อาจหาญ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.วรวิทย์ สมหา

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อ.ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	
2. อ.สุชิน อาจหาญ	
3. อ.อำพล ทองระอา	
4. อ.วรวิทย์ สมหา	
5. อ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 27 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

<BT482152>

หุ่นยนต์ 2 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

หุ่นยนต์ 2 ขา

TWO LEGS ROBOT

บุญเจตน์ แจ่มจันทร์
พิษณุ หวังใจ
อัมรินทร์ วิลัยศรี
มงคล คืนคาย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 66695
วัน,เดือน,ปี 3 มี.ย. 2549

ว.11 ก 2549
ก.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรดรุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง หุ่นยนต์ 2 ขา

Two Legs Robot

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ 2 ขา
2. เพื่อศึกษาระบบกลไกการเดินของหุ่นยนต์ 2
3. เพื่อทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ 2 ขา
4. เพื่อสร้างโครงงานหุ่นยนต์ 2 ขา
5. เพื่อนำหุ่นยนต์ไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจระบบกลไกการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
2. ได้โครงสร้างและวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
3. ผลการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ที่มีการลดจำนวนอุปกรณ์ควบคุมลงแล้ว
4. ได้หุ่นยนต์ 2 ขาสำหรับใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนา 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	หุ่นยนต์ 2 ขา	
นักศึกษา	นายบุญเจตน์	แจ่มจันทร์
	นายพิษณุ	หวังใจ
	นายอัมรินทร์	วิลัยศรี
	นายมงคล	คืนคาย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุชิน	อาจหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วรวิทย์	สมหา
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอหุ่นยนต์สองขา อาศัยระบบการทำงานของมอเตอร์เป็นระบบขับกลไกการทำงานของหุ่นยนต์ ควบคุมด้วยวงจรรีเลย์ตัดต่อการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละส่วน หุ่นยนต์มีลักษณะครึ่งตัว หนักไม่เกินห้าสิบกิโลกรัม สูงไม่เกินร้อยยี่สิบเซนติเมตร โครงสร้างภายนอกทำจากไม้เสริมอลูมิเนียมบางส่วนเพื่อเพิ่มความแข็งแรง หุ่นยนต์ใช้กำลังจากมอเตอร์ขับลูกเบี้ยวเพื่อยกชุดกลไกต่างๆ ให้ก้าวขาไปข้างหน้า หุ่นยนต์จะมีความสามารถเดินหน้าตรงด้วยความเร็วประมาณสองเมตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Two Legs Robot
Students	Mr. Boonjett Chamchan
	Mr. Phitsanu Wangjai
	Mr. Amarin Vilaisri
	Mr. Mongkol Kuenkay
Advisor	Mr. Suchin Adhan
Co-Advisor	Mr. Worawit Somha
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Electronic Engineering
Academic Year	2006

ABSTRACT

This thesis presents Two Legs Robot. Depend the operation of motor to drive the mechanical of the robot. Use the relay circuit to control all of the motors in each parts. The robot has half-length. That has not exceed 50 kilogram weight and not exceed 120 centimeter height. Outside structure makes of the wood adds some part aluminium for enhances the strength. The robot uses the motor to drives the cam for lifts mechanical all group. Give step a leg goes to in front of. The robot can walk straight with the speed about 2 meters per minute.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์และโครงงานชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มทุกคน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์สุชิน อาจหาญ ที่ปรึกษาโครงงานเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้เอื้อเฟื้อห้องพักของอาจารย์ในการทำโครงงาน จัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงงาน และคอยให้คำปรึกษาพร้อมกับคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานจนแล้วเสร็จ ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์วรวิทย์ สมหา ที่ปรึกษาโครงงานอีกท่าน ที่ได้คอยเป็นกำลังใจพร้อมกับคำแนะนำในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ทีมงานคืนเดียว สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สจล. สำหรับกำลังใจและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงาน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่าง ด้วยความรักและความห่วงใย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาพอสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์	3
2.3 หลักการออกแบบหุ่นยนต์เดินสองขา	6
2.3.1 วัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์	6
2.3.2 การวิเคราะห์องศาอิสระของมนุษย์	6
2.3.3 การออกแบบกลไกการเดินของหุ่นยนต์สองขา	8
2.3.4 เสถียรภาพในการเดินของหุ่นยนต์สองขาและการควบคุม	9
2.3.5 การควบคุม ZMP	14
2.3.6 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลและการควบคุม	15
2.4 การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในต่างประเทศ	15
2.4.1 หุ่นยนต์เดินสองขาจากฮอนด้า	16
2.4.2 หุ่นยนต์เดินสองขาจากฟูจิตสึ (Fujitsu)	21
2.4.3 หุ่นยนต์เดินสองขา HRR-2 หรือ Promet	23
2.4.4 หุ่นยนต์เดินสองขา Morph 3	24
2.4.5 หุ่นยนต์เดินสองขาจากค่ายโตโยต้า (TOYOTA)	24
2.4.6 หุ่นยนต์เดินสองขาจากโซนี่ (SONY)	26
2.4.7 หุ่นยนต์เดินสองขาจากประเทศแคนาดา (Canada)	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.8 หุ่นยนต์เดินสองขาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ (Netherlands)	28
2.5 การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในประเทศไทย	29
2.5.1 ผลงานการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาของฟีโบ้	29
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง การทำงาน	31
3.1 กล่าวนำ	31
3.2 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์เดินสองขา	32
3.2.1 การทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์เดินสองขา	35
3.3 การออกแบบชิ้นส่วนของหุ่นยนต์เดินสองขา	35
3.3.1 สะโพก	35
3.3.2 ชุดโครงอลูมิเนียม	36
3.3.3 ชุดเอียงตัว	37
3.3.4 ลูกเบี้ยว	38
3.3.5 ข้อเหวี่ยง	39
3.3.6 แข้ง	40
3.3.7 ข้อเท้า	41
3.3.8 เท้า	42
3.3.9 ขา	43
3.3.10 น่อง	44
3.3.11 ข้อต่อ	45
3.3.12 วัสดุเพิ่มความแข็งแรง	46
3.3.13 การล็อค (Lock) แกนสแตนเลส (Stainless) ด้วยแหวนตัวอี	47
3.3.14 การล็อคแกนสแตนเลสเข้ากับบูตด้วยสกรู (screw) หกเหลี่ยม	47
3.4 วงจรควบคุมการทำงาน	48
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	50
4.1 กล่าวนำ	50
4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	50
4.2.1 การทดลองข้อพับเข่าขณะยืนตรง	50
4.2.2 การทดลองข้อพับเข่าขณะมุมที่ข้อพับเข่าเปลี่ยน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.3 การทดลองการเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก	53
4.2.4 การทดลองการเอียงตัวโดยบังคับการเอียงตัว	55
4.2.5 การทดลองระยะการก้าวของหุ่นยนต์	58
4.2.6 การทดลองมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด	59
4.2.7 การเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว	61
4.2.8 การเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว	62
4.2.9 การหมุนของมอเตอร์	63
บทที่ 5 บทสรุป	65
5.1 สรุป	65
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	65
5.3 แนวทางการพัฒนา	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก ก หุ่นยนต์ต้นแบบ	68
ภาคผนวก ข วงจรควบคุม	72
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	74
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	77
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	82
ประวัติผู้แต่ง	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสามารถของหุ่นยนต์ P1, P2 และ P3	19
4.1 ผลการทดลองมุมข้อพับเข่าขณะยืนตรง	51
4.2 ผลการทดลองข้อพับเข่าขณะมุมที่ข้อพับเข่าเปลี่ยน	52
4.3 ผลการทดลองมุมการเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก	55
4.4 ผลการทดลองมุมการเอียงตัวที่ใช้การบังคับการเอียงตัว	57
4.5 ผลการทดลองระยะการก้าวของหุ่นยนต์	59
4.6 ผลการทดลองมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด	61
4.7 ผลการทดลองการเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว	62
4.8 ผลการทดลองการเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว	63
4.9 ผลการทดลองการหมุนของมอเตอร์	64
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์เดินสองขา	75
ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์เดินสองขา	75
ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์เดินสองขา	76
จ.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น	87
จ.2 ข้อมูลจำเพาะ	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์	6
2.2 ข้อต่อสะโพก	7
2.3 ข้อต่อหัวเข่า	7
2.4 ข้อต่อข้อเท้าและนิ้วเท้า	8
2.5 กลไกทางกลและจำนวนองศาอิสระของหุ่นยนต์สองขา	9
2.6 การยืนแบบสมดุลสถิตศาสตร์	10
2.7 ช่วงการรับภาระแบบเท้าเดียว	11
2.8 ช่วงการรับภาระแบบสองเท้า	12
2.9 การให้แรงส่งที่ปลายเท้า	14
2.10 แบบจำลอง PTIP	15
2.11 หุ่นยนต์ E0	16
2.12 หุ่นยนต์ E1	17
2.13 หุ่นยนต์ E2	17
2.14 หุ่นยนต์ E3	17
2.15 หุ่นยนต์ E4	18
2.16 หุ่นยนต์ E5	18
2.17 หุ่นยนต์ E6	19
2.18 หุ่นยนต์ P1	20
2.19 หุ่นยนต์ P2	20
2.20 หุ่นยนต์ P3	20
2.21 หุ่นยนต์อาซิโม	21
2.22 หุ่นยนต์ HOAP-1	22
2.23 หุ่นยนต์ HOAP-2	22
2.24 หุ่นยนต์ HOAP-3	23
2.25 หุ่นยนต์ HRR-2 หรือ Promet	24
2.26 หุ่นยนต์ Morph3	24
2.27 หุ่นยนต์เป่าเครื่องดนตรี	25
2.28 หุ่นยนต์ที่สามารถให้คนไปนั่งได้	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 หุ่นยนต์ฮิวแมนอยด์เล็ก	25
2.30 หุ่นยนต์ SDR-4X	26
2.31 หุ่นยนต์ SDR-4X II	27
2.32 หุ่นยนต์คิวริโอ	27
2.33 หุ่นยนต์ Dr. Robot	28
2.34 หุ่นยนต์ Denise	28
2.35 หุ่นยนต์ส้มจุก	29
2.36 หุ่นยนต์ใจดี	30
3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์สองขา	31
3.2 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์เดินสองขา	32
3.3 ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์เดินสองขา	33
3.4 ขนาดและลักษณะด้านหลังของหุ่นยนต์สองขา	34
3.5 สะโพก	35
3.6 มุมระหว่างแกนทั้งสาม	35
3.7 ระยะห่างระหว่างสะโพกทั้งสองข้าง	36
3.8 ชุดโครงอลูมิเนียม	36
3.9 ชุดเอียงตัว	37
3.10 การประกอบชุดเอียงตัว	37
3.11 การติดตั้งชุดเอียงตัวกับโครงอลูมิเนียม	38
3.12 ลูกเบี้ยววงใน	38
3.13 ลูกเบี้ยววงนอก	38
3.14 การติดตั้งลูกเบี้ยวกับข้อเหวี่ยง	39
3.15 ข้อเหวี่ยง	39
3.16 แข้ง	40
3.17 จุดเชื่อมต่อระหว่างแข้งกับหัวเข่า	41
3.18 ข้อเท้า	41
3.19 จุดหมุนด้านหน้าของข้อเท้า	42
3.20 จุดหมุนด้านหลังของข้อเท้า	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 เท้า	42
3.22 ขา	43
3.23 การติดตั้งขา	44
3.24 น่อง	44
3.25 การติดตั้งน่อง	45
3.26 ข้อต่อ	45
3.27 วัสดุเพิ่มความแข็งแรง	46
3.28 การติดตั้งวัสดุเพิ่มความแข็งแรง	46
3.29 การล็อคแกนสแตนเลสด้วยแหวนตัวอี	47
3.30 การล็อคแกนสแตนเลสเข้ากับบูตด้วยสกรูหกเหลี่ยม	47
3.31 วงจรควบคุมการทำงาน	48
4.1 (ก) หุ่นยนต์ขณะยืนตรง	50
4.1 (ข) หุ่นยนต์ขณะยืนตรง	51
4.2 (ก) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้การควบคุมด้วยระบบกลไก (เอียงซ้าย)	53
4.2 (ข) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้การควบคุมด้วยระบบกลไก (เอียงซ้าย)	53
4.3 (ก) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้การควบคุมด้วยระบบกลไก (เอียงขวา)	54
4.3 (ข) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้การควบคุมด้วยระบบกลไก (เอียงขวา)	54
4.4 (ก) หุ่นยนต์เอียงตัวที่บังคับการเอียงตัว (เอียงซ้าย)	55
4.4 (ข) หุ่นยนต์เอียงตัวที่บังคับการเอียงตัว (เอียงซ้าย)	56
4.5 (ก) หุ่นยนต์เอียงตัวที่บังคับการเอียงตัว (เอียงขวา)	56
4.5 (ข) หุ่นยนต์เอียงตัวที่บังคับการเอียงตัว (เอียงขวา)	57
4.6 (ก) ระยะการก้าวของหุ่นยนต์	58
4.6 (ข) ระยะการก้าวของหุ่นยนต์	58
4.7 (ก) หุ่นยนต์ขณะเหยียดขาสุด	60
4.7 (ข) หุ่นยนต์ขณะเหยียดขาสุด	60
4.8 การเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว	61
4.9 การเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว	62
4.10 การหมุนของมอเตอร์	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์เดินสองขา	69
ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์เดินสองขา	70
ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์เดินสองขา	71
ข.1 วงจรควบคุมของหุ่นยนต์เดินสองขา	73
ง.4 คุณสมบัติของรีเลย์ (Relay) รุ่น HLS-4453 (18F) ยี่ห้อ HELISHUN	81
จ.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์เดินสองขา	84
จ.2 ชุดควบคุมหุ่นยนต์เดินสองขา	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านการสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์นั้นได้เจริญก้าวหน้าไปมาก จากอดีตที่หุ่นยนต์ถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์มาใช้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นเพื่อลอกเลียนแบบท่าทางการเดินของมนุษย์ ซึ่งหลายๆ ประเทศรวมทั้งประเทศไทย ได้ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่สามารถลอกเลียนแบบท่าทางการเดินของมนุษย์ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเดินคล้ายคลึงกับท่าทางการเดินของมนุษย์มากที่สุด ซึ่งเรื่องนี้ได้มีการศึกษาและวิจัยมานานแล้ว โดยในปัจจุบันหุ่นยนต์ที่มีท่าทางการเดินคล้ายคลึงมนุษย์สมบูรณ์ที่สุดคือหุ่นยนต์ อาซิโม (Azimo) ซึ่งบริษัทฮอนดาเป็นผู้สร้างขึ้นมา

ในการสร้างหุ่นยนต์ อาซิโม ต้องใช้อุปกรณ์ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เป็นจำนวนมาก ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการสร้างสูง ด้วยเหตุผลนี้จึงต้องการศึกษาระบบกลไกลควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อนำเอาระบบกลไกเข้ามาแทนที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งจะทำให้งบประมาณในการสร้างหุ่นยนต์ลดลงด้วย

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1. หุ่นยนต์สามารถเดินตรงได้อย่างเดียว

2. คุณลักษณะของหุ่นยนต์ เป็นหุ่นยนต์แบบครึ่งตัว มีขนาดความสูงประมาณ 120 เซนติเมตร มีน้ำหนักไม่เกิน 50 กิโลกรัม

1.3 เนื้อหาพอสังเขป

เนื้อหาโดยสังเขปในปริญญานิพนธ์แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการ หลักการออกแบบหุ่นยนต์เดินสองขา การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในต่างประเทศ การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การสร้าง การออกแบบ และการทำงาน กล่าวถึงการออกแบบระบบกลไกและวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการทดสอบและผลการทดสอบการเดินของหุ่นยนต์ 2 ขา เมื่อได้ลดอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมลงแล้ว โดยนำเอาระบบกลไกเข้ามาแทนที่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและแนวทางการพัฒนา กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน รวมทั้งแนวทางการแก้ไขปัญหาและแนวทางการพัฒนาโครงงาน

ภาคผนวก ก แสดงภาพตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลังของหุ่นยนต์

ภาคผนวก ข วงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เดินสองขา

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ภาคผนวก ง แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก จ เป็นคู่มือแสดงวิธีควบคุมสั่งงานของหุ่นยนต์

ประวัติผู้แต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (Technology) ทางด้านหุ่นยนต์ ในอดีตมุ่งเน้นไปในทางด้าน Fixed Robots หมายความว่า หุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการผลิต แต่ยังมีงานอีกหลายประเภทที่ไม่สามารถใช้ Fixed Robots เข้าทำงานได้ เช่น งานสำรวจในที่ที่มีอันตราย เป็นต้น ในปัจจุบันสถาบันการศึกษาชั้นนำหลายแห่งของโลก หันมาให้ความสนใจวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile Robots) ที่ใช้ขาสองขาในการเคลื่อนที่แทนหุ่นยนต์แบบ Fixed Robots เช่น สถาบัน M.I.T, Harvard University Standard University และ Waseda University หรือแม้กระทั่งบริษัทผลิตรถยนต์รายใหญ่อย่างฮอนด้า (Honda) ยังทุ่มเงินนับพันล้านเยน (Yen) เพื่อวิจัยและสร้าง "Honda Humanoid Robot" ทั้งนี้เนื่องจาก Mobile Robots ที่ใช้แบบสองขามีความคล่องตัวสูงและสามารถเคลื่อนที่ไปในที่ซึ่ง Mobile Robots แบบล้อไปได้ยาก ด้วยเหตุนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้เล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้รวบรวมข้อมูลและทำการศึกษาเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่ใช้วิธีการเคลื่อนที่โดยใช้สองขา โดยเน้นการศึกษาระบบกลไกการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และลดอุปกรณ์การควบคุมให้น้อยลง กล่าวคือนำระบบกลไกเข้ามาแทนที่อุปกรณ์ควบคุมนั่นเอง

2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ (Robot) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากประเทศเชคโกสโลวาเกีย (Czechoslovakia) ซึ่งอาจถือได้ว่าคำว่า หุ่นยนต์ ปรากฏขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1921 มาจากละครที่ชื่อ Rossum's Universal Robots แต่งโดยนักเขียนชาวเชคโกสโลวาเกียนามว่า คาเรล คาเปก (Karel Kapek) โดยบทละครได้แสดงถึงเครื่องจักรที่ล้อเลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์และแสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครื่องจักร ที่สามารถทำลายได้ทุกสิ่ง

ในอดีตมนุษย์ได้พยายามที่จะคิดค้นกลไกที่เลียนแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ชาวอียิปต์ (Egypt) โบราณได้ติดตั้งแขนกลเข้ากับรูปปูชาเพื่อให้นักบวชได้ใช้เพื่อแสดงปาฏิหาริย์ต่อผู้คน ต่อมาในศตวรรษที่ 18 ได้มีการประดิษฐ์หุ่นเชิดในยุโรป (Europe) เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนที่ของมนุษย์และสัตว์ ประกอบไปด้วย เครื่องต้นแบบแขนกลและส่วนอื่นๆ ขับเคลื่อนโดยชุดกลไก (Linkages) และลูกเบี้ยว (Cams) ในหุ่นยนต์บางตัวสามารถเขียน วาดภาพ และมีความสามารถในการเล่นเครื่องดนตรีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาทางเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ (Computer) ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการพัฒนาชุดควบคุมแบบย้อนกลับของชุดขับเคลื่อน ชุดส่งกำลัง และเครื่องมือวัดที่ทันสมัย ซึ่งช่วยให้การพัฒนาด้านหุ่นยนต์มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น

ในปี ค.ศ. 1954 George C. Devol ได้สร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยหุ่นยนต์นั้นมีหน้าที่จับวางชิ้นส่วนในโรงงานประกอบ โดยมีหลักการเบื้องต้นคือ Teach in and Play Back หรือสอนให้รู้แล้วใช้งานตามที่สอนหรือที่ได้ตั้งโปรแกรม (Program) เอาไว้ ซึ่งหลักการควบคุมนี้ได้เป็นที่แพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน

ในหลักการเบื้องต้นของ Devol ได้ใช้เทคโนโลยี 2 แบบคือ การควบคุมเชิงตัวเลข (Nummerical Control) ซึ่งใช้กับเครื่องมือกลเป็นส่วนใหญ่และการควบคุมทางไกล (Remote Manipulation) ซึ่งเป็นการสั่งงานในระยะไกล ในการควบคุมเชิงตัวเลขนั้นมีหลักการว่า ผลิตการควบคุมบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่ อาจเป็นจุดพิกัด (Coordinate Data of Points) ที่ต้องการให้แขนกลนั้นขยับไป สัญญาณการเริ่มหรือหยุดทำงานและการควบคุมเชิงตรรกศาสตร์ (Logical Statements) ตามลำดับ

ระบบการทำงานทั้งหมดจะเก็บอยู่ในหน่วยความจำ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนแปลงระบบงานใหม่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ใหญ่ๆ หรือ Hardware น้อยที่สุด ในระบบการผลิตรุ่นใหม่จะมีการผลิตจำนวนน้อยหลากชนิดและมีการเปลี่ยนแบบบ่อยครั้ง จึงต้องมีการยืดหยุ่น (Flexibility) ไปตามการผลิต หุ่นยนต์ที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการตั้งโปรแกรมที่ทำงานได้หลายแบบ โดยการเปลี่ยนเพียงข้อมูลที่เก็บไว้ก่อน ซึ่งลักษณะนี้เป็นการพัฒนาจากการควบคุมเชิงตัวเลข

การควบคุมทางไกลใช้ในงานที่มนุษย์ไม่สามารถทำงานได้หรืองานที่เสี่ยงอันตรายต่อชีวิต เช่น งานสำรวจเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี งานสำรวจใต้ทะเล งานสำรวจอวกาศ เป็นต้น แขนกลแบบหัวหน้าสั่งลูกน้อง (Master-Slave Manipulator) ได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1948 โดยหลักการ คือ ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังที่แขนกลที่ติดตั้งอยู่ ณ ที่ทำงานระยะไกลและใช้ชุดควบคุมผ่านสวิตช์ (Switch) ควบคุมหรือ Joystick บังคับให้มีการเคลื่อนไหวเหมือนกับแขนมนุษย์ โดยที่ Joystick นั้นมีเครื่องมือวัดติดอยู่ในแต่ละจุดของข้อต่อ เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของผู้ควบคุมและส่งผลการวัดไปยังแขนกล ทำให้มีการเคลื่อนที่เหมือนกับผู้ควบคุม ในส่วนของผู้ควบคุมนั้นเรียกว่า หัวหน้า (Master) ที่แขนกล เรียกว่า ลูกน้อง (Slave) ลักษณะการเคลื่อนไหว คือ การเลียนแบบผู้ควบคุมนั่นเอง โดยทั่วไป Master-Slave Manipulator ประกอบด้วย หกองศาการหมุนอิสระ (Degrees of Freedom หรือ DOF) แต่ละข้อต่อนั้นจะมีการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ ในการรวมกันของการควบคุมเชิงตัวเลข (Numberical Control) และการควบคุมทางไกล (Remote Manipulation) ทำให้เกิดการศึกษาด้านหุ่นยนต์ ซึ่งรวมถึงการออกแบบ (Design) และควบคุม (Control) ที่แตกต่างไปจากเดิม

จากหลักการเบื้องต้นของหุ่นยนต์ที่โปรแกรมของ George C. Devol ต่อมาได้มีการพัฒนาด้วยการเพิ่มการควบคุมแบบย้อนกลับ (Sensory Feedback) โดย H.A.Ernst ได้สร้างมือกลควบคุมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องมือวัดแบบสัมผัส ซึ่งกลไกนี้สามารถตอบสนองความรู้สึกและใช้ความรู้สึกนั้นควบคุมมือกลเพื่อใช้เรียงกล่อง โดยอุปกรณ์วัดค่าความสัมผัสนี้เรียกว่า MH-1 ลักษณะงานดังกล่าวเป็นตัวอย่างหนึ่งของความสามารถในการควบคุมหุ่นยนต์ที่ไม่ใช้มนุษย์ควบคุม โดยหุ่นยนต์สามารถปรับพฤติกรรมเข้ากับสภาพแวดล้อมได้

ในปี ค.ศ. 1969 McCarthy และคณะที่ Stanford Artificial Intelligence Laboratory ได้สร้างหุ่นยนต์ที่ประกอบไปด้วย มือ ตา และหู ซึ่งก็คือ แขนกล กล้องโทรทัศน์และไมโครโฟน (Microphone) โดยหุ่นยนต์มีความสามารถที่จะรับรู้ ภาษา เห็นวัตถุ และจัดวางให้เข้าที่ตามคำสั่ง ในช่วงนี้ Pieper ได้ทำการศึกษาปัญหาไคเนมาติก (Kinematics) ของแขนกลที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และ Kahn and Roth ได้วิเคราะห์ไดนามิกส์ (Dynamics) และการควบคุมของแขนกลเคลื่อนที่ในวงจำกัด โดยใช้ทฤษฎีแบงค์แบงค์ (Bang-Bang Near Minimum Time) ควบคุม

ขณะเดียวกันได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ในรูปแบบแปลกๆ โดยบริษัท General Electric ได้สร้างหุ่นยนต์เดินด้วยขา เพื่อใช้ทางการทหารของสหรัฐอเมริกา (America) ในปีเดียวกัน Boston Arm และ Standford Arm ได้ถูกสร้างขึ้นซึ่งประกอบไปด้วยกล้องและชุดควบคุมคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะแขนกล มีความสามารถจัดเรียงกล่องในแนวตั้งแบบอัตโนมัติซึ่งนับได้ว่าเป็นผลงานที่มีชื่อเสียงมากในขณะนั้น

ในช่วงปี 1970 นี้ก็มีการคิดค้นพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดต่างๆ มากมายเพื่อช่วยในการทำงานของแขนกล เช่น มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford University) Bolles และ Paul ใช้การมองเห็นและชุดควบคุมสะท้อนกลับด้วยแรง (Force Feedback Control) ประกอบเข้ากับแขนกล Standford Arm ต่อกับคอมพิวเตอร์ PDP-10 เพื่อใช้ประกอบปั๊ม (Pump) น้ำใช้ในรถยนต์

ต่อมาในปี ค.ศ. 1974 Cincinnati Milacron ได้ริเริ่มใช้หุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมมีชื่อว่า T^3 หรือ The Tomorrow Tool มีความสามารถยกน้ำหนักได้เกินกว่า 100 ปอนด์ (Pound) ในขณะที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่อยู่บนสายลำเลียงประกอบ

ในปี ค.ศ. 1978 วิศวกรบริษัท General Motors ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างหุ่นยนต์ตั้งชื่อว่า พูมาร์ (PUMA : Programmable Universal Machine for Assembly) ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดแขนของมนุษย์และหุ่นยนต์สกาลา (SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm) ประกอบไปด้วยหนึ่งชุดข้อต่อเคลื่อนที่ตามแนวแกน (Prismatic Joint) และสองชุดข้อต่อเคลื่อนที่เชิงมุม (Rotational Joints)

ขณะเดียวกันบริษัทไอบีเอ็ม (IBM) Will และ Grossman ได้พัฒนาชุดควบคุมแขนกลที่ประกอบด้วยระบบสัมผัสและอุปกรณ์วัดแรง เพื่อใช้ประกอบ 20 ชิ้นส่วนในเครื่องพิมพ์ดีด และที่ Artificial Intelligence Laboratory แห่งสถาบัน Massachusetts Institute of Technology (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ริเริ่มการวิจัยเกี่ยวกับระบบอัจฉริยะของชุดควบคุมสะท้อนกลับด้วยแรง (Force Feedback control) และในประเทศญี่ปุ่น ได้เล็งเห็นถึงศักยภาพของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาออกแบบสร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น บริษัท Mitsubishi, Yaskawa, Fanuc, Toshiba Seiki, Fanuc เป็นต้น และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

2.3 หลักการออกแบบหุ่นยนต์เดินสองขา

2.3.1 วัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์

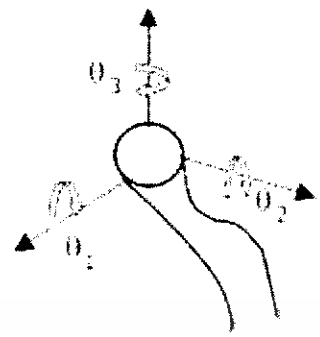
ในการออกแบบหุ่นยนต์เดินสองขา จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะท่าทางการเดินของมนุษย์โดยลักษณะท่าทางการเดินของมนุษย์นั้น เริ่มต้นคือการยืนอยู่กับที่ลำดับต่อไปคือยกขาข้างใดข้างหนึ่งเพื่อเตรียมที่จะก้าว ในช่วงที่ยกขาอยู่นั้นน้ำหนักจะเทมายังข้างที่ยกขา ทำให้ต้องเอียงลำตัวไปยังข้างที่ขาอยู่กับพื้น เพื่อให้น้ำหนักถ่วงไปยังข้างที่ขายืนติดอยู่กับพื้นทำให้เกิดการสมดุลของร่างกาย จึงสามารถทรงตัวยืนอยู่ได้ วัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 วัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์

2.3.2 การวิเคราะห์องศาอิสระของมนุษย์

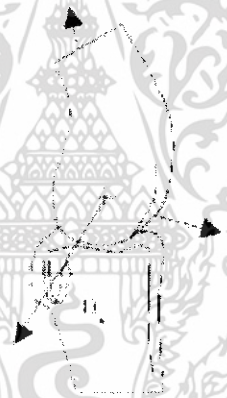
สิ่งสำคัญที่ทำให้มนุษย์เคลื่อนที่ได้คือ การเคลื่อนที่เชิงมุมของข้อต่อบนขาซึ่งประกอบด้วยข้อต่อส่วนของสะโพก ข้อต่อส่วนหัวเข่า ข้อต่อส่วนของข้อเท้าและนิ้วเท้า แรงบิดของแต่ละข้อต่อดังกล่าวขณะเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์ต่อกันส่งผลให้เกิดเสถียรภาพในการเดินของมนุษย์ เมื่อวิเคราะห์ลักษณะเชิงโครงสร้างในแต่ละส่วนพบว่าข้อต่อส่วนสะโพกมีลักษณะเป็นทรงกลม (Ball Joint) เมื่ออ้างอิงกับพิกัดการเคลื่อนที่พบว่าข้อต่อส่วนสะโพกสามารถหมุนได้สามองศาอิสระ (θ_a : a 1, 2, 3) ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ข้อต่อสะโพก

สำหรับข้อต่อส่วนหัวเข่า จุดต่อของข้อมีลักษณะเป็นทรงกลมสองลูกประกอบเข้าด้วยกันทำให้การเคลื่อนที่ถูกบังคับให้สามารถเคลื่อนที่ได้เพียงหนึ่งองศาอิสระ (θ_4) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ข้อต่อหัวเข่า

ในส่วนของข้อเท้า มีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนกับสะโพกคือสามารถเคลื่อนที่ได้สามองศาอิสระ (θ_b : $b = 5, 6, 7$) และสุดท้ายคือข้อต่อในส่วนของนิ้วเท้า ซึ่งถูกพิจารณาให้มีการเคลื่อนที่หนึ่งองศาอิสระ (θ_8) ภายใต้สมมุติฐานที่ว่านิ้วเท้าทุกนิ้วมีการเคลื่อนที่เหมือนกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 ข้อต่อข้อเท้าและนิ้วเท้า

จากทั้งหมดที่กล่าวมาพบว่า ในขาหนึ่งข้างของมนุษย์ประกอบด้วยแปดองศาอิสระของการหมุนซึ่งส่งผลให้การเคลื่อนที่ของมนุษย์มีความคล่องตัวสูง แต่ในแนวทางออกแบบกลไกการเดินและการควบคุมของหุ่นยนต์สองขาถือว่ามีจำนวนองศาอิสระเกินความจำเป็นในการเคลื่อนที่บนปริภูมิ (Space) และยากต่อการควบคุม ดังนั้นการกำหนดองศาอิสระเพื่อให้หุ่นยนต์เดินได้เสมือนมนุษย์จึงมีผลในการออกแบบกลไกทางกลและการควบคุมของหุ่นยนต์สองขา

2.3.3 การออกแบบกลไกการเดินของหุ่นยนต์สองขา

ในการออกแบบหุ่นยนต์ให้สามารถเดินได้เสมือนมนุษย์ โดยใช้จำนวนองศาอิสระดังกล่าวข้างต้น พบว่า มีข้อจำกัดด้านการออกแบบเนื่องมาจากเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนข้อต่อต่างๆ มีอย่างจำกัดรวมถึงข้อจำกัดทางด้านน้ำหนักของหุ่นยนต์ กระบวนการผลิต การประมวลผลและการควบคุม ดังนั้นจึงต้องออกแบบหุ่นยนต์ให้มีองศาอิสระของข้อต่อในขาหนึ่งข้างทั้งหมดหกองศาอิสระ ในส่วนนี้ได้ต่างไปจากมนุษย์คือได้ตัดส่วนของนิ้วเท้าและส่วนของการหมุนรอบน่องเท้าออกไป ทั้งนี้หุ่นยนต์ยังสามารถเคลื่อนที่ได้ในปริภูมิเนื่องจากองศาอิสระที่มีอยู่เท่ากับองศาที่ใช้ในการทำงาน การออกแบบให้หุ่นยนต์เหมือนมนุษย์ทุกประการนั้นมีความเป็นไปได้ในอนาคตเมื่อมีความรู้ ประสบการณ์ และเทคโนโลยีเพียงพอ

จากการศึกษาองศาการเคลื่อนที่ของมนุษย์และทฤษฎีทางด้านหุ่นยนต์ ทำให้ได้ข้อสรุปในการออกแบบขาหนึ่งข้างของหุ่นยนต์ให้มีองศาอิสระดังรูปที่ 2.5 กำหนดให้ M แทนมอเตอร์ (Motor) กระแสตรง โดย M_1 และ M_2 เป็นมอเตอร์กระแสตรงแบบทั่วไป M_3, M_6 เป็นมอเตอร์แบบพิเศษมีลักษณะบาง แต่มีความกว้างเป็นพิเศษ (Ultra Slim Type Dc Motor) และมีอัตราส่วนกำลังเมื่อเทียบกับน้ำหนักค่อนข้างสูงจึงมีความเหมาะสมที่จะทำการติดตั้งในขาที่มีพื้นที่จำกัดและ J แทนข้อต่อหรือองศาอิสระของหุ่นยนต์ โดยข้อต่อ J_1, J_3, J_4 และ J_5 ถูกส่งถ่าย กำลังผ่านสายพานไปยังชุดเฟืองฮาร์มอนิกส์ (Harmonic) แต่ข้อต่อ J_2 และ J_6 ไม่สามารถทำอย่างนั้นได้ เนื่องจากปัญหาทางด้านข้อจำกัดในการติดตั้งมอเตอร์ ซึ่งการออกแบบโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์สองขานี้มุ่งเน้นให้มีรูปทรงเหมือนมนุษย์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นข้อต่อ J_2 จึงถูกขับผ่านข้อต่อ J_1 และข้อต่อ J_6 ถูกขับผ่านข้อต่อ J_5 โดยใช้สายพานและเฟืองดอกจอก (Bevel Gear)

รูปที่ 2.5 กลไกทางกลและจำนวนองศาอิสระของหุ่นยนต์สองขา

2.3.4 เสถียรภาพในการเดินของหุ่นยนต์สองขาและการควบคุม

เสถียรภาพในการเดิน (Gait Stability) ถูกนิยามโดย Vukobratovic และคณะ ซึ่งได้พิจารณาการเดินของหุ่นยนต์สองขาออกเป็น 2 ชนิด คือ การเดินแบบสถิตศาสตร์ (Static Walking) เป็นการเดินที่ไม่คำนึงถึงผลของความเฉื่อยที่เกิดขึ้นกับมวลของหุ่นยนต์ และการเดินแบบพลศาสตร์ (Dynamic Walking) เป็นการเดินที่คำนึงถึงผลของความเฉื่อยที่เกิดขึ้นกับมวลของหุ่นยนต์ เสถียรภาพในการเดินแบบสถิตศาสตร์เกิดขึ้นเมื่อเวคเตอร์ของแรงโน้มถ่วงที่กระทำที่จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity : CG) ตกอยู่ภายในรูปเหลี่ยมของจุดรองรับ (Supporting Polygon) ซึ่งแทนด้วยจุด CG ตราบใดที่พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมของจุดรองรับมากและจุดศูนย์ถ่วงต่ำ โอกาสที่หุ่นยนต์จะเกิดการพลิกคว่ำ (Tip-Over) ก็น้อยลง สำหรับเสถียรภาพในการเดินแบบพลศาสตร์เกิดขึ้นเมื่อจุดผลรวมของโมเมนต์ (Moment) เป็นศูนย์ (ZMP) ตกอยู่ภายในรูปเหลี่ยมของจุดรองรับโดยจุด ZMP เป็นจุดที่เกิดจากผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดจากความเฉื่อยและผลรวมโมเมนต์ที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงที่กระทำที่จุดศูนย์ถ่วงมีค่าเป็นศูนย์

2.3.4.1 การวิเคราะห์ ZMP ของแต่ละท่าทางการเดิน

วิเคราะห์ ZMP โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายเพื่อดู ZMP ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงการเดินโดยได้ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ช่วงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ช่วงสมดุลแบบสถิตศาสตร์

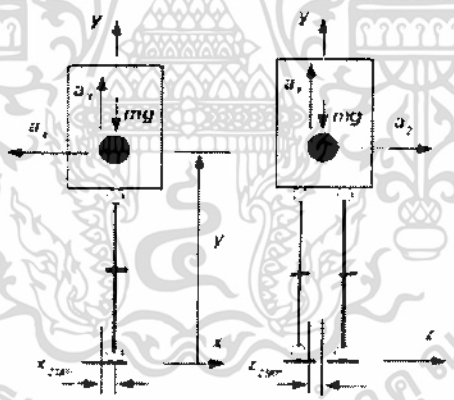
ช่วงนี้เป็นช่วงที่มนุษย์ยืนอยู่นิ่งๆ หรือขณะเตรียมก้าวเดิน โดยอวัยวะต่างๆ ของร่างกายที่มีผลต่อการก้าวเดินจะถูกจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในช่วงนี้มีน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้ การควบคุมความสมดุลทำได้โดยควบคุมเวคเตอร์ของแรงโน้มถ่วงที่กระทำที่จุดศูนย์ถ่วง ตกอยู่ภายในรูปสี่เหลี่ยมของจุดรองรับดังรูปที่ 2.6 และสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\sum M_{ZMP} = 0 \; ; \; mgx_{ZMP} + mga_y x_{ZMP} = ma_x y \tag{2.1}$$

$$a_x = \frac{(g + a_y)x_{ZMP}}{y} \tag{2.2}$$

$$mzg_{ZMP} + ma_y z_{ZMP} = ma_z y \tag{2.3}$$

$$a_z = \frac{(g + a_y)z_{ZMP}}{y} \tag{2.4}$$



รูปที่ 2.6 การยืนแบบสมดุลสถิตศาสตร์

โดยกำหนดให้

ZMP คือจุดรวมโมเมนต์เป็นศูนย์

R คือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับเท้า

a คืออัตราเร่งเชิงเส้น

m คือมวลของลำตัว

g คืออัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

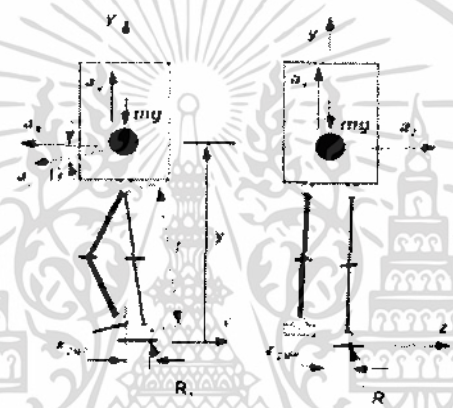
y คือระยะในแนวดิ่งของมวลเทียบกับจุด ZMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำสมดุลในช่วงนี้สามารถพิจารณาให้เป็นการทำสมดุลแบบสถิตศาสตร์ ซึ่งอัตราเร่ง a_x และ a_y มีค่าน้อยมาก ดังนั้นจุดผลรวมโมเมนต์เป็นศูนย์ x_{ZMP} และ z_{ZMP} ในช่วงสมดุลแบบสถิตศาสตร์จึงมีค่าเป็นศูนย์

2. ช่วงการก้าวเดิน

การรับภาระของเท้าในช่วงนี้เป็นแบบเท้าเดียว ส่วนเท้าอีกข้างแกว่งเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งการรองรับใหม่ดังรูปที่ 2.7 การก้าวเดินในช่วงนี้ส่งผลให้หุ่นยนต์เกิดการล้ม (Tipping) ไปในทิศทางของการเดินและในทิศทางตั้งฉากกับการเดิน ซึ่งมุมเอียงที่เกิดจากการล้มซึ่งส่งผลโดยตรงกับอัตราเร่ง



รูปที่ 2.7 ช่วงการรับภาระแบบเท้าเดียว

โดยกำหนดให้

l คือระยะจากข้อหมุนสะโพกถึงข้อเท้า ในช่วงที่พิจารณาไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาว

θ คือมุมการเอียงของมวลในแนวดิ่งโดยมีจุดหมุนที่ ZMP

a_t คืออัตราเร่งเชิงเส้น ที่ตั้งฉากกับระยะ l

ดังนั้นช่วงการรับภาระแบบเท้าเดียวสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\sum M_{ZMP} = 0 \; ; \; \frac{(mg + ma_y)x_{ZMP}}{y} = ma_x \tag{2.5}$$

การล้มด้วยมุม θ สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง a_x และ a_y โดยกำหนดให้ $a_y = a_x \tan\theta$ และนำความสัมพันธ์ไปแทนในสมการที่ (2.5) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a_x = \frac{gx_{ZMP}}{\left(y - x_{ZMP}\tan\theta\right)} \tag{2.6}$$

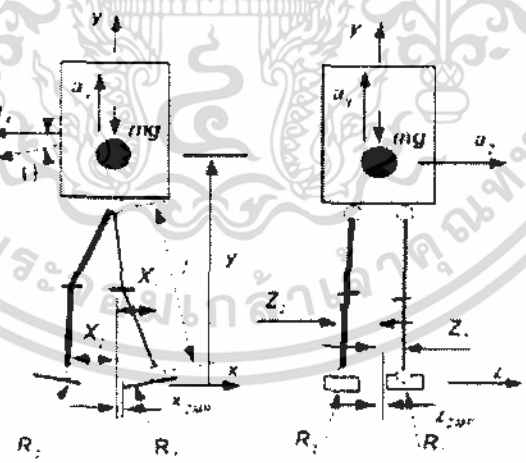
ในทำนองเดียวกันการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ z, y สามารถเขียนได้ดังนี้คือ

$$a_z = \frac{gx_{ZMP}}{\left(y - z_{ZMP}\tan\theta\right)} \tag{2.7}$$

จากสมการที่ (2.6) และ (2.7) เห็นได้ว่านอกจาก ZMP แล้ว มุมการล้มยังมีผลโดยตรงกับอัตราเร่งที่เกิดขึ้นกับหุ่นยนต์ด้วย ในทางปฏิบัติเมื่อต้องการเพิ่มหรือลดความเร็วสามารถทำได้โดยการควบคุมมุมการล้มก่อนเข้าสู่ช่วงการรับภาระแบบสองเท้าหรือช่วงกระแทกซึ่งจะกล่าวในระดับต่อไป

3. ช่วงการรับภาระแบบสองเท้า

ช่วงการรับภาระแบบเท้าเดียวสิ้นสุดเมื่อเท้าที่แกว่งก้าวมาสัมผัสพื้น โดยในช่วงที่เริ่มสัมผัสมีการกระแทกของเท้าดังกล่าวเกิดขึ้น หลังจากนั้นเป็นรับภาระแบบสองเท้าดังรูปที่ 2.8 โดยเฉลี่ยในช่วงนี้เกิดประมาณร้อยละ 20 ของวงรอบการเดินและน้อยลงเมื่อเดินด้วยความเร็วที่สูงขึ้น



รูปที่ 2.8 ช่วงการรับภาระแบบสองเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 สามารถเขียนให้อยู่ในสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\sum M_{ZMP} = 0; \left(ma_y + mg\right)x_{ZMP} + R_{y1}\left(x_1 - x_{ZMP}\right) - R_{y2}\left(x_2 - x_{ZMP}\right) = ma_x y \quad (2.8)$$

$$\sum F_y = ma_y ; R_{y1} + R_{y2} - mg = ma_y \quad (2.9)$$

จัดรูปแบบสมการที่ (2.8) ได้ดังนี้

$$\left(ma_y + mg\right)x_{ZMP} - \left(R_{y1} + R_{y2}\right)x_{ZMP} + R_{y1}x_1 - R_{y2}x_2 = ma_x y \quad (2.10)$$

แทนสมการที่ (2.9) ลงในสมการที่ (2.10) ได้คือ

$$\frac{R_{y1}z_1 - R_{y2}z_2}{my} = a_x \quad (2.11)$$

ในทำนองเดียวกันสามารถเขียนสมการการเคลื่อนที่ในระนาบ y, z ได้เช่นเดียวกัน คือ

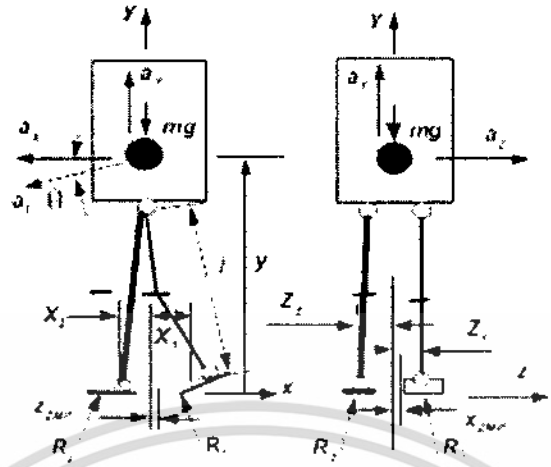
$$\frac{R_{y1}z_1 - R_{y2}z_2}{my} = a_z \quad (2.12)$$

เห็นได้ว่าจากสมการที่ (2.11) และ (2.12) ไม่มี ZMP อยู่ในสมการ ดังนั้นอัตราเร่งที่เกิดขึ้นกับหุ่นยนต์มีผลโดยตรงมาจากแรงปฏิกิริยาในแกน y (R_{y1}, R_{y2}) ซึ่งเครื่องหมายหน้า R_{y1} และ R_{y2} เป็นตัวบ่งบอกทิศทางที่ได้มาจากแรงปฏิกิริยาจากการกระทำที่ข้อต่อต่างๆ

4. ช่วงออกแรงส่ง

เป็นช่วงรอยต่อระหว่างช่วงรองรับการะแบบสองเท้า มาสู่ช่วงรองรับแบบเท้าเดียวอีกครั้ง ดังรูปที่ 2.9 การเดินของมนุษย์ก็เหมือนการทำงานของระบบทางกลทั่วๆ ไป ที่มีการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากผลของความเสียดทาน ดังนั้นในหนึ่งวงรอบของการเดินจึงมีช่วงหนึ่งที่ต้องออกแรงชดเชยเพื่อรักษาความเร็วการเดินให้คงที่หรือออกแรงเพิ่มเพื่อเพิ่มความเร็วในการเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การให้แรงส่งที่ปลายเท้า

เนื่องจากในช่วงนี้ยังเป็นการรับภาระแบบสองเท้าอยู่ จึงสามารถนำสมการในช่วงการรับภาระแบบสองเท้ามาพิจารณาได้ดังนี้

$$\frac{R_{y1}x_1 - R_{y2}x_2}{my} = a_x \tag{2.13}$$

$$\frac{R_{y1}z_1 - R_{y2}z_2}{my} = a_z \tag{2.14}$$

ในช่วงนี้เกิดขึ้นก่อนที่เท้าให้แรงเริ่มแกว่งเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งใหม่ จากรูปที่ 2.9 แรงปฏิกิริยา R_1 มีขนาดเพิ่มขึ้นชั่วขณะ โดยได้แสดงเป็นเส้นประขณะเมื่อทำการออกแรงส่งซึ่งทำให้อัตราเร่งเพิ่มขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการให้แรงในช่วงนี้

2.3.5 การควบคุม ZMP

เมื่อเรารู้ถึงตำแหน่งของ ZMP ที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้างต้นก็สามารถทำการควบคุมความสมดุลของหุ่นยนต์สองขาได้ ซึ่งวิธีการควบคุมสามารถกระทำได้สองวิธี โดยวิธีแรกเป็นการให้แรงบิดที่ข้อเท้าเพื่อให้ ZMP เปลี่ยนตำแหน่งไปยังจุดที่ต้องการโดยไม่มีการเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆ ของร่างกาย วิธีที่สองเป็นการสร้างโมเมนต์ขึ้น มาจากการเคลื่อนย้ายมวลในส่วนของร่างกายเพื่อให้แขนแรงมีการเปลี่ยนแปลงระยะและยังรวมถึงการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ ด้วยความเร่งซึ่งได้จำลองการควบคุม ZMP โดยเลียนแบบการทำสมดุลของมนุษย์ด้วยวิธีเคลื่อนย้ายลำตัวส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลและการควบคุม

การศึกษาการทำสมดุลของหุ่นยนต์สองขา ส่วนหนึ่งสามารถพิจารณาได้จากพฤติกรรมของมนุษย์ได้โดยตรงซึ่งแยกการสมดุลออกเป็นสองช่วง คือ การสมดุลในช่วงการเดินและการสมดุลในช่วงที่ยืนอยู่กับที่ และเมื่อทำการพิจารณาตัวแปรที่ทำให้เกิดการสมดุลพบว่าการเคลื่อนที่ของลำตัวซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางมวล มีผลต่อการรักษาสมดุลของมนุษย์

ในการจำลองแบบการรักษาความสมดุลให้เป็นระบบทางกลไกที่มีชื่อว่า A Planar Two Degree of Freedom Inverted Pendulum : PTIP ดังรูปที่ 2.10 โดยระบบนี้ประกอบด้วยคานสองคาน โดยคานที่หนึ่งมีความยาว $2r_1$ มีการเปลี่ยนแปลงเชิงมุมเป็น θ_1 เทียบกับระนาบอ้างอิงและมีจุดศูนย์กลางมวล m_1 อยู่ตรงกลางคาน ส่วนคานที่สองหนึ่งมีความยาว $2r_2$ มีการเปลี่ยนแปลงเชิงมุมเป็น θ_2 เทียบกับระนาบอ้างอิงและมีจุดศูนย์กลางมวล m_2 อยู่ตรงกลางคานนอกจากนี้ยังมีลูกตุ้มมวล m_3 และ m_4 แขวนอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของคานที่สอง

รูปที่ 2.10 แบบจำลอง PTIP

2.4 การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในต่างประเทศ

สำหรับหุ่นยนต์เดินสองขาในต่างประเทศ มีหน่วยงานและสถานศึกษาประเทศต่างๆ ได้ทำการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้หุ่นยนต์เดินสองขามีประสิทธิภาพสูงและมีลักษณะท่าทางการเดินคล้ายคลึงมนุษย์มาก ซึ่งหน่วยงานและสถานศึกษาที่สร้างหุ่นยนต์เดินสองขา มีอยู่หลายหน่วยงานซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

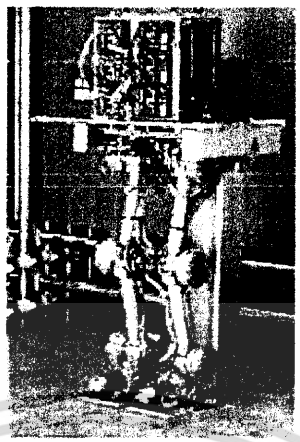
2.4.1 หุ่นยนต์เดินสองขาจากฮอนดา

การคิดค้นพัฒนาหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ที่คล้ายมนุษย์นั้น เป็นการสะท้อนภาพความมุ่งมั่นของฮอนดาในกระบวนการค้นคว้า วิจัย และพัฒนา เพราะจากกระบวนการประดิษฐ์คิดค้นของทีมวิศวกรที่ต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง ตลอดจนต้องมีความคิดริเริ่มและแนวคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ซึ่งมุ่งการยกระดับมาตรฐานชีวิตความเป็นอยู่ของมวลมนุษยชาติ ในแง่ของการอำนวยความสะดวกและการให้บริการ อันเอื้ออำนวยประโยชน์แก่สังคม ฮอนดาจึงเริ่มคิดค้นพัฒนาหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์โดยเริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2524 จากความคิดของทีมงานวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรหุ่นยนต์ของฮอนดา ที่ต้องการสร้างสรรค์หุ่นยนต์ที่มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกับมนุษย์ พร้อมกับสามารถทำงานต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมทั่วๆ ไปที่มนุษย์ดำเนินชีวิต ซึ่งนั่นคือลักษณะอันโดดเด่นของหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ ในช่วงปี พ.ศ. 2529 ฮอนดาได้เริ่มโครงการพัฒนาหุ่นยนต์อย่างจริงจัง โดยมีการจัดตั้งศูนย์วิจัยเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐานของการสร้างหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์โดยเฉพาะและวิศวกรของฮอนดา ประสบความสำเร็จในการสร้างหุ่นยนต์ทดลอง โดยให้ชื่อว่าอีศูนย์ (E0) ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งใช้ระยะเวลาถึง 5 วินาทีต่อหนึ่งก้าวเดิน

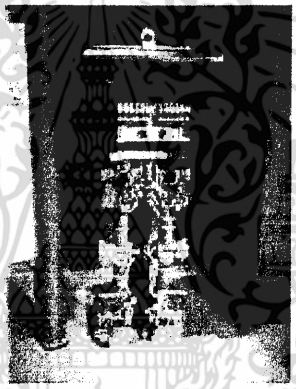
รูปที่ 2.11 หุ่นยนต์ E0

จากจุดเริ่มต้นคือทำอย่างไรให้หุ่นยนต์เดินเร็วขึ้นและเดินคล้ายมนุษย์ ระหว่างปี พ.ศ. 2530 - 2534 ฮอนดาจึงได้พยายามศึกษาเพื่อให้เข้าใจรูปแบบการเดินเร็วของมนุษย์และสัตว์อย่างละเอียด เช่น ศึกษาการเคลื่อนไหวของหัวเข่า การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของหัวเข่า ตลอดจนความเร็วในการเดิน ข้อมูลดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาหุ่นยนต์ทดลอง E1 E2 และ E3 โดยหุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถเดินบนพื้นราบด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน หุ่นยนต์ E1 ดังรูปที่ 2.12 สามารถเดินบนพื้นราบด้วยความเร็ว 250 เมตรต่อชั่วโมง หุ่นยนต์ E2 ดังรูปที่ 2.13 สามารถเดินบนพื้นราบด้วยความเร็ว 1.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และหุ่นยนต์ E3 ดังรูปที่ 2.14 สามารถเดินบนพื้นราบด้วยความเร็ว 3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 หุ่นยนต์ E1

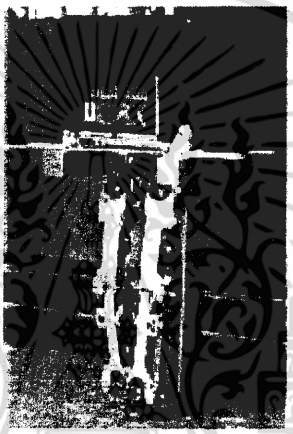


รูปที่ 2.13 หุ่นยนต์ E2

รูปที่ 2.14 หุ่นยนต์ E3

66695
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

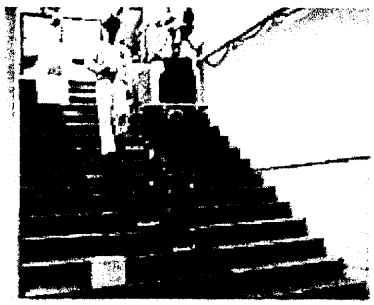
ระหว่างปี พ.ศ. 2534 - 2536 ฮอนด้าประสบความสำเร็จในการสร้างหุ่นยนต์เดินได้อย่างมั่นคง และสามารถเดินบนพื้นที่ขรุขระหรือลาดเอียงตลอดจนขึ้นลงบันไดได้โดยไม่หกล้ม ฮอนดาจึงได้พัฒนากลไกควบคุมการเดินรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ขึ้น อันนำไปสู่การสร้างหุ่นยนต์ทดลอง E4, E5 และหุ่นยนต์ E6 โดยหุ่นยนต์ E4 ได้เพิ่มความยาวของหัวเข่าอีก 40 เซนติเมตร ทำให้หุ่นยนต์ E4 ดังรูปที่ 2.15 สามารถเดินบนพื้นราบด้วยความเร็ว 4.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หุ่นยนต์ E5 ดังรูปที่ 2.16 สามารถเดินบนพื้นที่ขรุขระหรือลาดเอียงได้ และหุ่นยนต์ E6 ดังรูปที่ 2.17 สามารถเดินบนพื้นที่ขรุขระหรือลาดเอียงตลอดจนขึ้นลงบันไดได้โดยไม่หกล้ม



รูปที่ 2.15 หุ่นยนต์ E4

รูปที่ 2.16 หุ่นยนต์ E5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



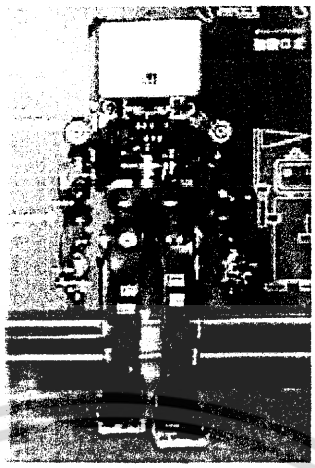
รูปที่ 2.17 หุ่นยนต์ E6

ระหว่างปี พ.ศ. 2536 - 2540 ได้พัฒนาหุ่นยนต์คล้ายมนุษย์ขึ้น หลังจากสามารถพัฒนาแขน ขา ของหุ่นยนต์ ฮอนดาก็สามารถพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีขนาดเล็กลงและมีน้ำหนักเบา เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถแสดงความสามารถได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถช่วยเหลืองานมนุษย์ได้อย่างคล่องตัว อันนำไปสู่การสร้างหุ่นยนต์ทดลอง P1 ดังรูปที่ 2.18 หุ่นยนต์ P2 ดังรูปที่ 2.19 และหุ่นยนต์ P3 ดังรูปที่ 2.20 สำหรับความสามารถของหุ่นยนต์แต่ละตัว มีความสามารถดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความสามารถของหุ่นยนต์ P1, P2 และ P3

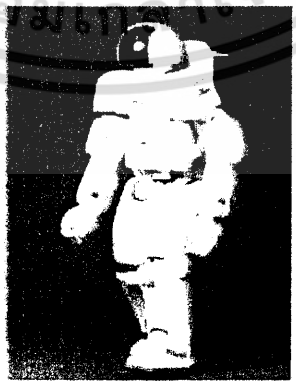
หุ่นยนต์ต้นแบบ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)	ความสามารถ
P1	175	191.5	-เปิดประตูหยิบชิ้นสิ่งของ -กดเปิด-ปิดสวิทช์ไฟฟ้า
P2	210	182	-เดินขึ้นลงบันไดและเข็นรถ -รับคำสั่งโดยวิทยุไร้สาย
P3	130	160	-ทำงานต่าง ๆ ได้ด้วยตัวเองในที่ทำงานและที่บ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 หุ่นยนต์ P1

รูปที่ 2.19 หุ่นยนต์ P2



รูปที่ 2.20 หุ่นยนต์ P3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่หุ่นยนต์เดินสองขา P3 ได้ถูกสร้างขึ้นมา ในปี พ.ศ. 2543 ฮอนดาได้สร้างหุ่นยนต์อาซิโมขึ้นมา ซึ่งเป็นผลงานที่พัฒนามาจากหุ่นยนต์ต้นแบบ P3 แต่หุ่นยนต์อาซิโมมีขนาดเล็กกว่า ด้วยความสูงที่ลดลงจากเดิม 160 เซนติเมตร เหลือเพียง 120 เซนติเมตร เพื่อให้ความสูงอยู่ในระดับที่เหมาะต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน เช่น การเปิดปิดสวิทช์ไฟฟ้า การหมุนลูกบิดประตู เป็นต้น นอกจากนี้โครงสร้างของอาซิโมยังมีขนาดบางกว่าและกลไกการควบคุมก็มีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบาเป็นพิเศษ อาซิโมจึงมีขนาดเล็กโดยน้ำหนักลดลงจาก 130 กิโลกรัม เหลือเพียง 43 กิโลกรัมเท่านั้น สิ่งที่พิเศษนอกเหนือไปจากขนาดและน้ำหนักแล้ว อาซิโมยังเป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเดินที่ใกล้เคียงมนุษย์มากขึ้น เพราะมีการผสมผสานเทคโนโลยีที่เรียกว่า การควบคุมการเคลื่อนไหวที่ทำให้สามารถคาดการณ์จุดเคลื่อนไหวในก้าวต่อไปและเปลี่ยนตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงให้พร้อมสำหรับการก้าวเดิน ให้เข้ากับวิทยาการควบคุมการเดินในปัจจุบัน เพื่อให้เกิดการยืดหยุ่นในการก้าวเดินอย่างชาญฉลาด โดยสามารถเปลี่ยนทิศทางการเดินของหุ่นยนต์ได้อย่างนิ่มนวลและเดินได้เหมือนมนุษย์มากที่สุด สามารถเดินบนพื้นราบด้วยความเร็ว 0 - 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ไหล่ของหุ่นยนต์ยังได้รับการออกแบบให้มีรัศมีการเคลื่อนไหวมากกว่า P3 ถึง 20 เท่า ข้อศอกสามารถเคลื่อนไหวได้สูงกว่าในแนวราบมากถึง 15 องศา ทำให้หุ่นยนต์ตัวนี้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น เช่นเดียวกัน ระยะการเคลื่อนไหวของแขนในแนวดิ่งก็เพิ่มสูงถึง 150 องศา เปรียบเทียบกับระยะ 90 องศาของหุ่นต้นแบบ ด้วยคุณลักษณะที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้จริงแล้ว หุ่นยนต์อาซิโม ดังรูปที่ 2.21 ยังมีหน้าตาที่น่ารักและเป็นมิตรกับทุกๆ คนอีกด้วย

รูปที่ 2.21 หุ่นยนต์อาซิโม

2.4.2 หุ่นยนต์เดินสองขาจากฟูจิตสึ (Fujitsu)

หุ่นยนต์เดินสองขาที่สร้างขึ้นโดยบริษัทฟูจิตสึ เป็นหุ่นยนต์ตระกูล HOAP (Humanoid for Open Architecture Platform) มีด้วยกัน 3 ตัว ได้แก่ HOAP-1 HOAP-2 และ HOAP-3 ซึ่งหุ่นยนต์แต่ละตัวมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

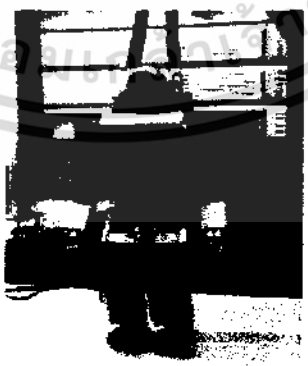
2.4.2.1 หุ่นยนต์เดินสองขา HOAP-1

หุ่นยนต์ HOAP-1 ดังรูปที่ 2.22 มีน้ำหนักเพียง 6 กิโลกรัม มีความสูง 48 เซนติเมตร สามารถเคลื่อนไหวได้เหมือนมนุษย์รวมไปถึงความสามารถในการควบคุมผ่านซอฟต์แวร์ ทำให้หุ่นยนต์ดังกล่าวน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ที่สำคัญ ฟูจิตสึได้เปิดเผยสถาปัตยกรรมอินเทอร์เฟซภายในหุ่นยนต์ดังกล่าว เพื่อให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาโปรแกรมควบคุม HOAP ได้ด้วยตัวเองอีกด้วย

รูปที่ 2.22 หุ่นยนต์ HOAP-1

2.4.2.2 หุ่นยนต์เดินสองขา HOAP-2

หุ่นยนต์ HOAP-2 ดังรูปที่ 2.23 มีความสูง 50 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 7 กิโลกรัม ใช้ Intel Pentium III 700MHz ในการประมวลผล ระบบปฏิบัติการ RT-Linux นอกจากนี้นักพัฒนาสามารถควบคุมด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นเอง และอัพโหลด (Upload) เข้าไปผ่าน Wi-Fi หรือ ยูเอสบี (USB) ก็ได้



รูปที่ 2.23 หุ่นยนต์ HOAP-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3 หุ่นยนต์เดินสองขา HOAP-3

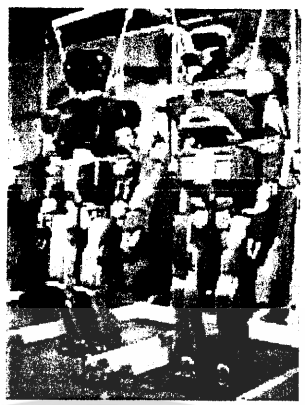
หุ่นยนต์ HOAP-3 ดังรูปที่ 2.24 มีส่วนสูง 60 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเพียง 8.8 กิโลกรัม ภายในใช้โพรเซสเซอร์ Pentium M 1.1GHz ของอินเทลและใช้ระบบปฏิบัติการ Linux ในการควบคุม ความสามารถโดยทั่วไปของหุ่นยนต์ HOAP-3 คือ มีระบบวิดีโอ การรู้จำเสียง ระบบวัดระยะทาง และความเร่งอยู่ภายในตัว ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานของ HOAP-3 ผ่านทางเครือข่ายไร้สายด้วยพีซีได้

รูปที่ 2.24 หุ่นยนต์ HOAP-3

2.4.3 หุ่นยนต์เดินสองขา HRR-2 หรือ Promet

หุ่นยนต์ HRR-2 หรือ Promet ดังรูปที่ 2.25 เป็นหุ่นยนต์ที่ได้รับการพัฒนาโดย MSTC (Manufacturing Science and Technology Center) ภายใต้การออกแบบของบริษัท Kawada Industries ประเทศญี่ปุ่น Promet เป็นหนึ่งในหุ่นยนต์ที่ก้าวหน้าที่สุดในปัจจุบัน เพราะหุ่นยนต์โดยทั่วไปสามารถเดินสองขา ขึ้นบันไดหรือเต้นรำได้ แต่สำหรับ Promet มีความสามารถสูงกว่ามาก เช่น สามารถเคลื่อนไหวเลียนแบบมนุษย์ด้วยท่าทางต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเดินข้ามสิ่งกีดขวาง การก้มตัวลงคลานลอดในช่องทางแคบๆ การเดินบนไม้กระดานแผ่นเดียว การช่วยคนยกสิ่งของหรือแม้แต่การล้มตัวลงนอนจากท่ายืนแล้วสามารถยันตัวให้สามารถยืนขึ้นได้จากท่านอน ซึ่งถ้าหากหุ่นตัวนี้ประสบอุบัติเหตุล้มลงมันก็สามารถยืนเองได้โดยไม่ต้องมีใครช่วย Promet เป็นหุ่นยนต์เลียนแบบมนุษย์ที่มีความสูง 150 เซนติเมตร น้ำหนัก 58 กิโลกรัม มือทั้ง 2 ข้างของ Promet สามารถยกน้ำหนักได้ข้างละ 2 กิโลกรัม สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องวิดีโอ 3 ตัวที่ติดตั้งอยู่บริเวณส่วนหัวและสามารถเดินได้ด้วยความเร็วสูงสุด 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้พลังจากแบตเตอรี่ (Battery)

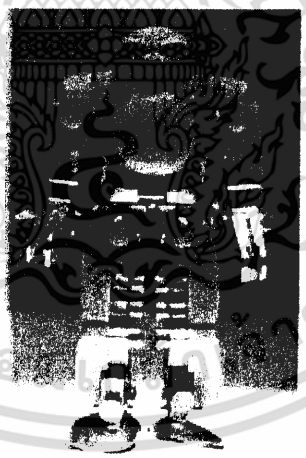
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 หุ่นยนต์ HRR-2 หรือ Promet

2.4.4 หุ่นยนต์เดินสองขา Morph 3

หุ่นยนต์ Morph3 ดังรูปที่ 2.26 สร้างโดย Kitano Symbiotic ซึ่งเป็นบริษัทวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของญี่ปุ่น โดยหุ่นยนต์ตัวนี้มีความสูง 38 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 2.4 กิโลกรัม ใช้ CR5500 (by NEC Electro Device, others) ในการประมวลผลกลาง ระบบปฏิบัติการ VxWorks (by Wind River)



รูปที่ 2.26 หุ่นยนต์ Morph3

2.4.5 หุ่นยนต์เดินสองขาจากค่ายโตโยต้า (TOYOTA)

หุ่นยนต์จากโตโยต้า มีความสามารถหลากหลายเมื่อเทียบกับอาซิโมจากฮอนดา ไม่ว่าจะเป็นการเดินหรือการทำท่าทางลักษณะต่างๆ ซึ่งไม่แตกต่างจากหุ่นยนต์ในรุ่นเดียวกัน แต่ทางโตโยต้าสามารถพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ให้สามารถเป่าเครื่องดนตรีได้ ดังรูปที่ 2.27 และในด้านอื่นอีก เช่น หุ่นยนต์เดินสองขาที่สามารถให้คนไปนั่งได้ ดังรูปที่ 2.28 และหุ่นยนต์ฮิวแมนอยด์เล็ก ดังรูปที่ 2.29 เป็นต้น

รูปที่ 2.27 หุ่นยนต์เป่าเครื่องดนตรี

รูปที่ 2.28 หุ่นยนต์ที่สามารถให้คนไปนั่งได้

รูปที่ 2.29 หุ่นยนต์ฮิวแมนอยด์เล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 หุ่นยนต์เดินสองขาจากโซนี่ (SONY)

โซนี่เป็นหนึ่งในค่ายผู้สร้างหุ่นยนต์ฮิวแมนอยด์ที่นอกเหนือจากเดินได้แล้ว ยังสามารถพูดได้อีกด้วย ซึ่งเป้าหมายในการพัฒนาหุ่นยนต์ของทางโซนี่ในขณะนี้คือ การพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีขีดความสามารถในการเข้าใจภาษามนุษย์ และสื่อสารกับมนุษย์ได้เป็นเป้าหมายประการแรก ส่วนเป้าหมายประการที่สองที่ต้องพัฒนาควบคู่กันในขณะนี้คือ เพิ่มสมรรถนะในการเคลื่อนไหวให้สามารถเคลื่อนไหวได้พริ้วแบบนักเต้นระบำและมีความคล่องตัวในการเล่นกีฬา เช่น เล่นฟุตบอล เป็นต้น ปัจจุบันหุ่นยนต์เดินสองขาจากค่ายโซนี่มี 3 ตัวได้แก่ หุ่นยนต์ SDR-4X หุ่นยนต์ SDR-4X II และหุ่นยนต์คิวริโอ (QRIO)

2.4.6.1 หุ่นยนต์ SDR-4X

หุ่นยนต์ SDR-4X ดังรูปที่ 2.30 เป็นหุ่นยนต์เดินสองขาตัวแรกของโซนี่ ทั้งตัวหุ่นยนต์มีจำนวนข้อต่อทั้งหมด 38 ข้อต่อ มีกล้องถ่ายรูปสีแบบ CCD (2) สามารถแยกแยะวัตถุและจดจำใบหน้าบุคคลพร้อมสามารถยืนยันใบหน้านั้นๆ ได้ ใช้ CPU 64 Bit Risc (2) ในการประมวลผล มีหน่วยความจำ 64MB DRAM (2) ระบบปฏิบัติการ Aperios

รูปที่ 2.30 หุ่นยนต์ SDR-4X

2.4.6.2 หุ่นยนต์ SDR-4X II

หุ่นยนต์ SDR-4X II ดังรูปที่ 2.31 หุ่นยนต์ตัวนี้มีความสามารถพิเศษคือสามารถยืนขึ้นได้ด้วยตัวเองเมื่อล้มลง สามารถแสดงท่าทางได้มากกว่า 1,000 รูปแบบ สามารถเต้นตามจังหวะเสียงเพลงได้ 10 เพลง พูดได้มากกว่า 20,000 คำ สามารถโปรแกรมให้สนทนาตอบโต้กับเจ้าของได้ 200 ประโยค ใช้ CPU 64 Bit Risc (3) ในการประมวลผล มีหน่วยความจำ 64MB DRAM (3) ระบบปฏิบัติการ Aperios

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.31 หุ่นยนต์ SDR-4X II

2.4.6.3 หุ่นยนต์คิวริโอ (QRIO)

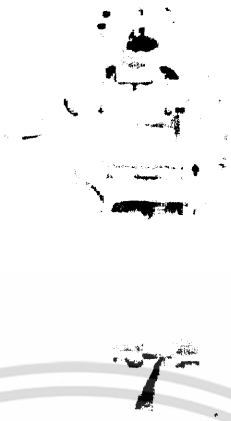
หุ่นยนต์คิวริโอ ดังรูปที่ 2.32 เป็นหุ่นยนต์ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถวิ่งได้ เป็นหุ่นยนต์ตัวแรกของโลกที่สามารถวิ่งได้ นอกจากนั้นหุ่นยนต์คิวริโอยังสามารถร้องรำทำเพลง เล่นเบสบอล และเตะฟุตบอลได้อีกด้วย นอกจากนั้นยังเป็นเพื่อนคุยด้วยบทสนทนาสั้นๆ ง่ายๆ ได้อีกด้วย

รูปที่ 2.32 หุ่นยนต์คิวริโอ

2.4.7 หุ่นยนต์เดินสองขาจากประเทศแคนาดา (Canada)

เป็นหุ่นยนต์เดินสองขาชื่อว่า Dr. Robot ดังรูปที่ 2.33 มีความสูง 60 เซนติเมตร ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในความบันเทิง นอกจากนั้นหุ่นยนต์ Dr. Robot ยังสามารถดูแลความปลอดภัยภายในบริเวณบ้านได้อีกด้วย

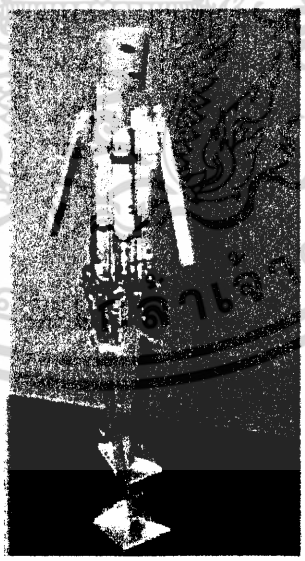
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 หุ่นยนต์ Dr. Robot

2.4.8 หุ่นยนต์เดินสองขาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ (Netherlands)

หุ่นยนต์เดินสองขาตัวนี้ชื่อว่า Denise ดังรูปที่ 2.34 เป็นหุ่นยนต์ที่ได้ชื่อว่าเป็นหุ่นยนต์เดินบนพื้นราบสองขาตัวแรกของโลกที่มีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) น้อยที่สุด Denise เป็นผลงานของนักวิจัยชาวเนเธอร์แลนด์ นำมาแสดงต่อสาธารณชนเป็นครั้งแรกที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ในเมืองเดลฟ์ท (Delft) ประเทศเนเธอร์แลนด์



รูปที่ 2.34 หุ่นยนต์ Denise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในประเทศไทย

การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในประเทศไทย โดยรวมแล้วยังมีน้อย ซึ่งหน่วยงานที่ทำการวิจัยและสร้างหุ่นยนต์เดินสองขาในประเทศไทย คือ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (A Cradle Future Leaders in Robotics) หรือเรียกว่า ฟีโบ (FIBO) สถาบันนี้ตั้งขึ้นเมื่อปี 2538 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการศึกษาระดับสูง และการวิจัยด้านระบบอัตโนมัติ รวมถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรมและการให้บริการที่ปรึกษากับอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทย เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพกระบวนการผลิต โดยที่ตั้งของสถาบันอยู่ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด)

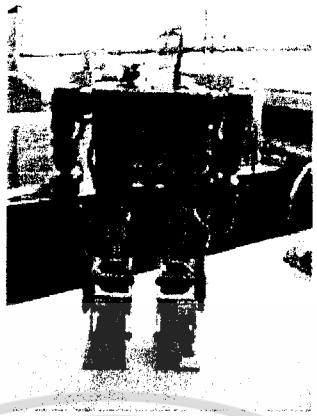
2.5.1 ผลงานการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาของฟีโบ

สำหรับหุ่นยนต์เดินสองขาตัวแรกของฟีโบมีชื่อว่า ส้มจุก ดังรูปที่ 2.35 เป็นหุ่นยนต์แบบฮิวแมนอยด์ (Humanoid) คือหุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างคล้ายคน โดยหุ่นยนต์ตัวนี้มีขนาดความสูง 1.2 เมตร (meter) มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม มีลักษณะการเดินสองขาแบบไดนามิคหรือเดินรักษาจุดศูนย์ถ่วงไว้ใต้ฝ่าเท้า และปัจจุบันทีมนักวิจัยฟีโบ กำลังพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีความสามารถในการเดินแบบพลศาสตร์หรือเดินรักษาจุดถ่วงไว้นอกฝ่าเท้าเพื่อให้ใกล้เคียงการเดินของมนุษย์มากที่สุด

รูปที่ 2.35 หุ่นยนต์ส้มจุก

ต่อมาทีมนักวิจัยของฟีโบ ได้สร้างหุ่นยนต์เดินสองขาตัวที่ 2 ขึ้นมาและเป็นหุ่นยนต์ตัวที่ 4 ของฟีโบที่สร้างขึ้นมีชื่อว่า หุ่นยนต์ใจดี ดังรูปที่ 2.36 โดยหุ่นยนต์ตัวนี้เป็นหุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็ก โครงสร้างและลักษณะทั่วไปของหุ่นยนต์นั้นทำมาจากอะลูมิเนียม มีข้อต่อทั้งหมด 23 ข้อต่อ มีความสูง 38 เซนติเมตร มีน้ำหนักรวม 3.3 กิโลกรัม เดินได้ด้วยความเร็ว 2 เมตร/นาที และสามารถเดินได้โดยอัตโนมัติโดยติดตั้งกล้องอยู่บนตัวหุ่นยนต์ ทำให้สามารถดูภาพ ประมวลผลภาพ และตัดสินใจได้ด้วยตัวของมันเอง สำหรับหุ่นยนต์ตัวนี้ใช้เวลาในการสร้างประมาณ 5 เดือน งบประมาณในการสร้างประมาณ 300,000 บาท ในส่วนการทำงานของหุ่นยนต์ใจดีนั้น ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนควบคุมการเดินและส่วนสั่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 หุ่นยนต์ใจดี

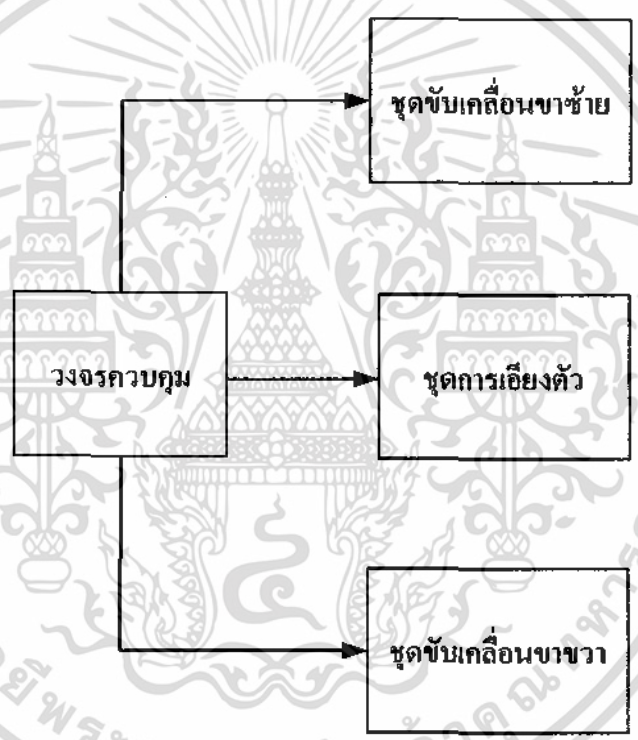
ถึงแม้ว่าการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาในประเทศไทยยังมีน้อย แต่ในอนาคตแนวโน้มจะดีขึ้นเป็นลำดับ ดังเห็นได้จากมีการจัดตั้งหน่วยงานทางด้านหุ่นยนต์ขึ้นมา คือ สมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย ทำให้มองว่าหุ่นยนต์เริ่มมีบทบาทมากขึ้นในสังคมไทยและกำลังจะพัฒนาขีดความสามารถของหุ่นยนต์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าในต่างประเทศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบหุ่นยนต์สองขา จะแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญหลักๆ 4 ส่วนซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนชุดของการเอียงตัว ส่วนของชุดควบคุมการขับเคลื่อนขาซ้าย ส่วนของชุดควบคุมการขับเคลื่อนขาขวา และส่วนของวงจรควบคุม ซึ่งแต่ละส่วนแสดงเป็นผังการทำงานรวมของหุ่นยนต์ดังรูปที่ 3.1



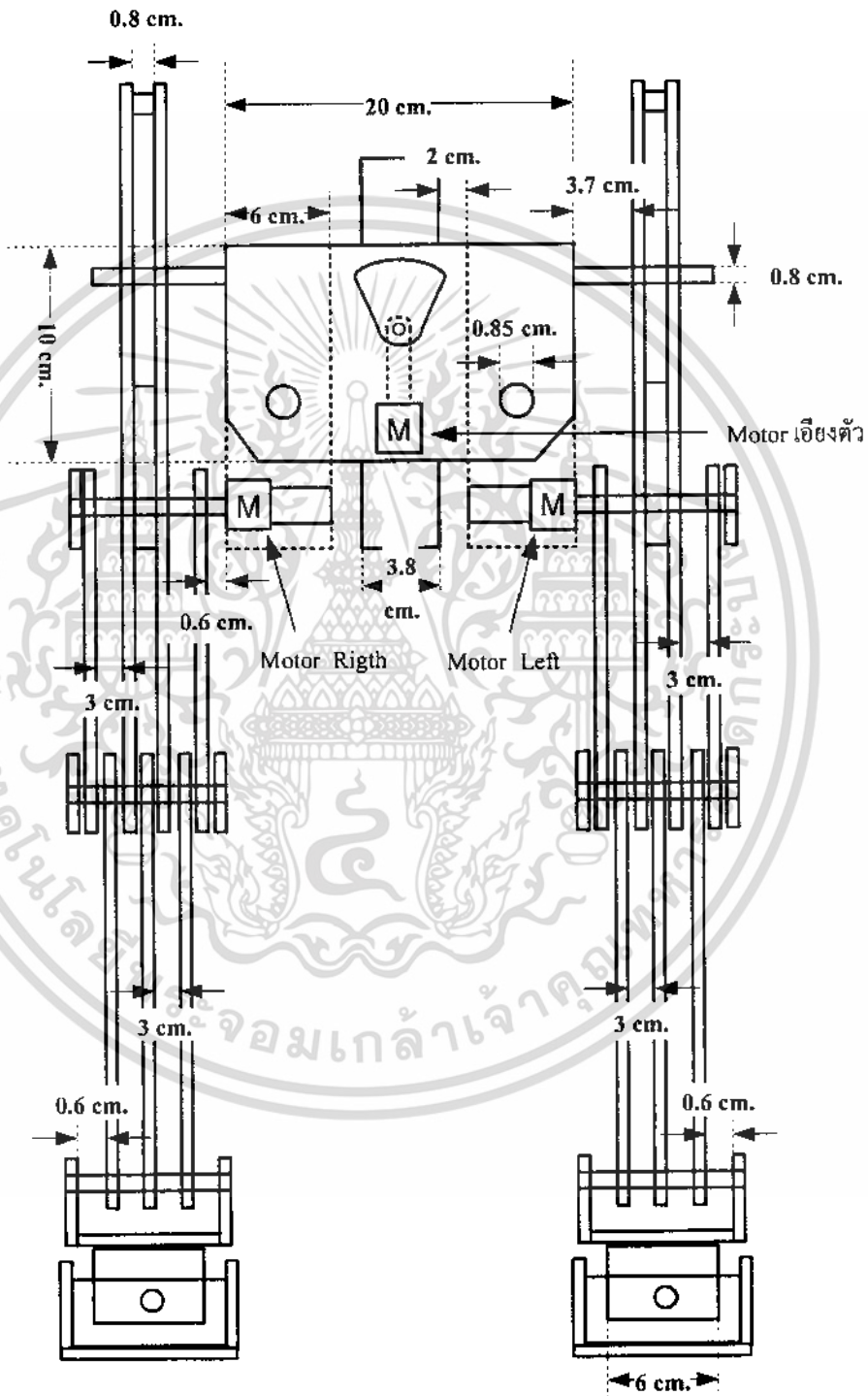
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์สองขา

การควบคุมสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงาน ทำได้โดยควบคุมผ่านทางชุดควบคุมด้วยมือ ประกอบไปด้วย สวิตช์ (Switch) ตัดต่อการทำงานของวงจรเพื่อไปขับมอเตอร์ (Motor) ขับเคลื่อนให้ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ให้ทำงาน บนชุดขับเคลื่อนด้วยมือประกอบไปด้วย ชุดขับเคลื่อนขาซ้าย ชุดขับเคลื่อนการเอียงตัว และชุดขับเคลื่อนขาขวา สวิตช์ที่ใช้ตัดต่อการทำงานของแต่ละชุดจะประกอบด้วยสวิตช์สองตัวเพื่อสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เดินสองขา

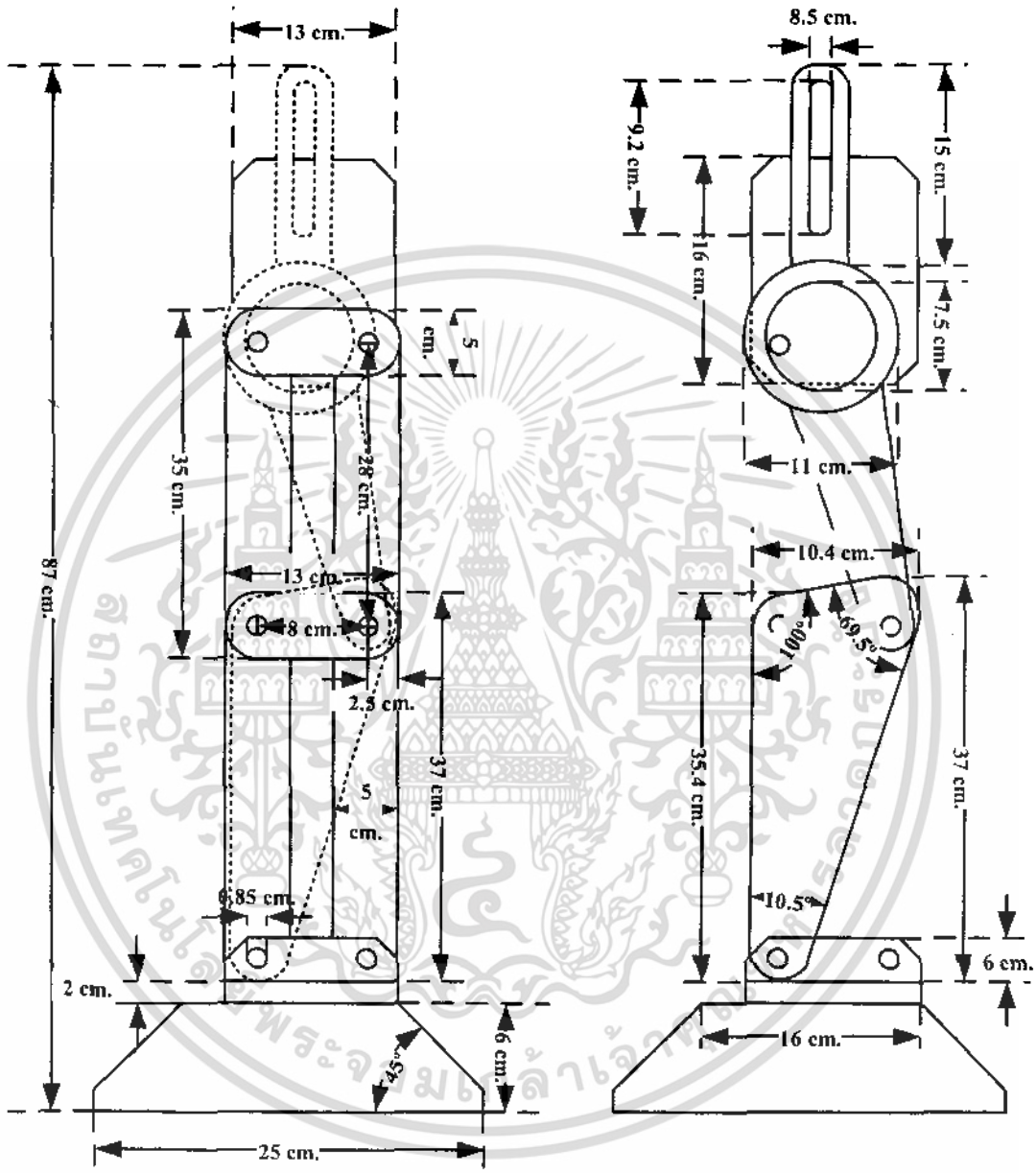
ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์เดินสองขา ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

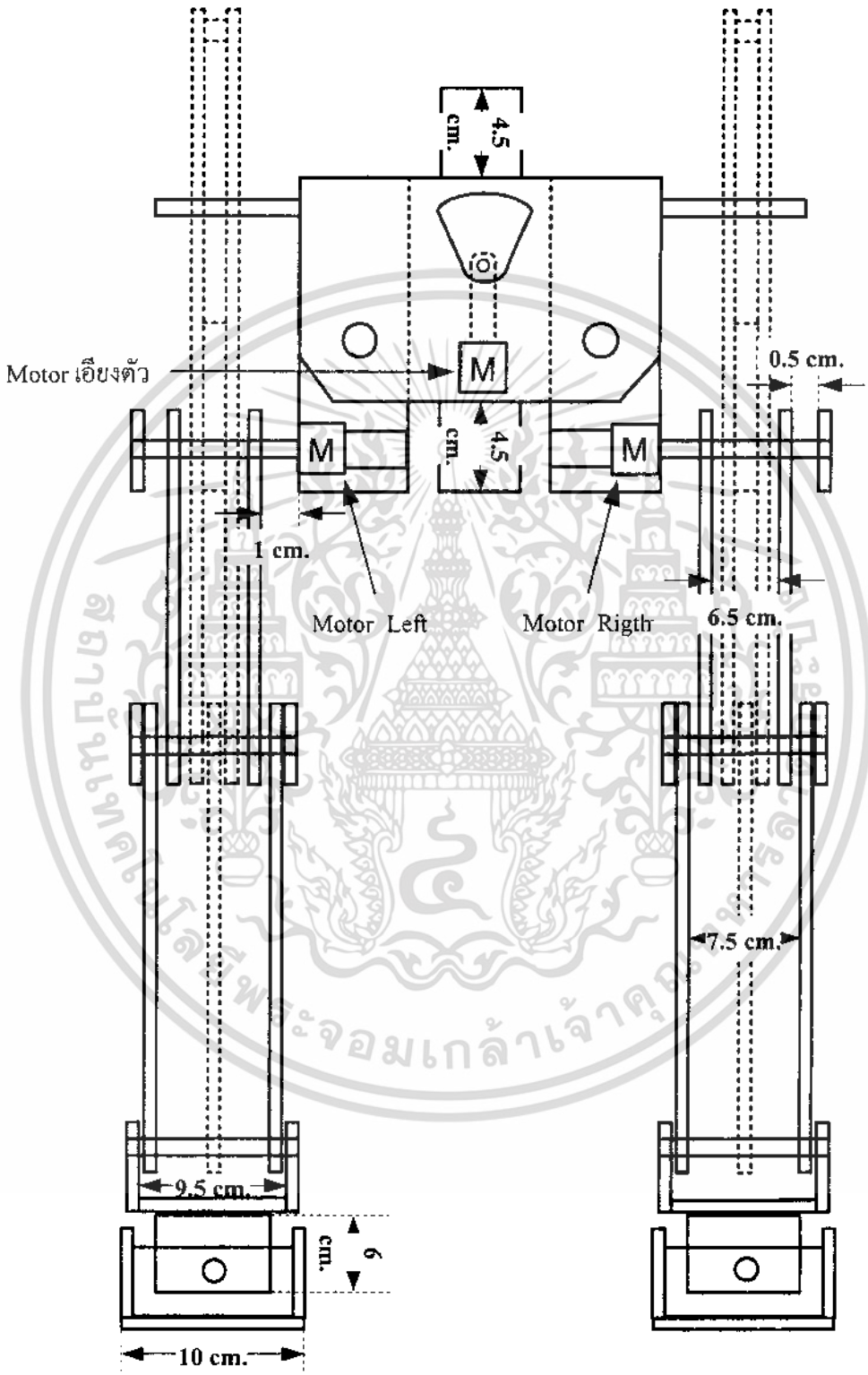
ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์เดินสองขา ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดและลักษณะด้านหลังของหุ่นยนต์สองขา ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขนาดและลักษณะด้านหลังของหุ่นยนต์สองขา

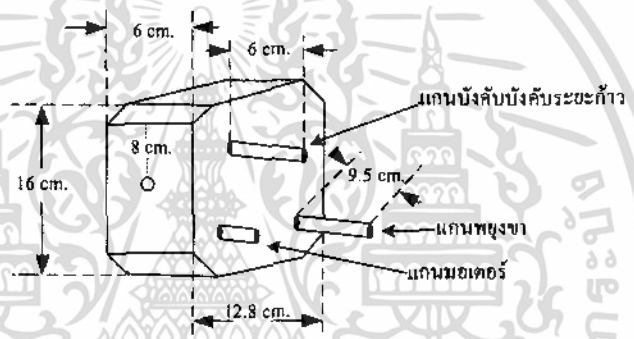
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์เดินสองขา

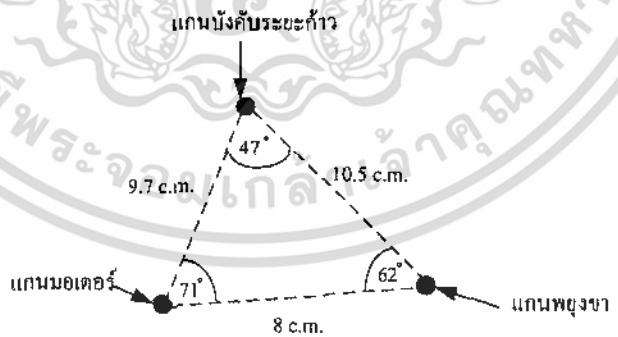
เมื่อต่อคอนเนคเตอร์ (Connector) ชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี (Battery) กับตัวหุ่นยนต์ ในส่วนของวงจรควบคุมประกอบไปด้วยสวิตซ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งใช้เชื่อมต่อสั่งการทำงานให้กับมอเตอร์ในส่วนต่างๆ คือ มอเตอร์ขับขาซ้าย มอเตอร์ขับขาขวา และมอเตอร์ขับชุดเอียงตัว มอเตอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่างๆ ให้มีการขับเคลื่อนไปตามระบบกลไกที่ได้ออกแบบไว้อย่างสัมพันธ์กัน

3.3 การออกแบบชิ้นส่วนของหุ่นยนต์เดินสองขา

3.3.1 สะโพก

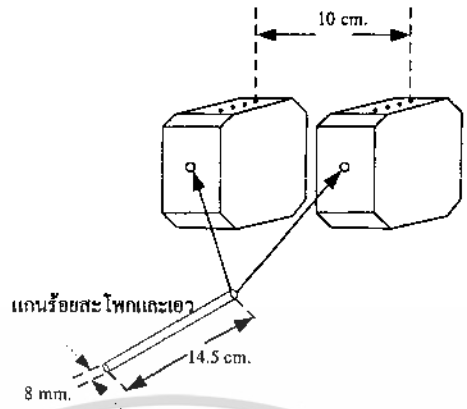


รูปที่ 3.5 สะโพก



รูปที่ 3.6 มุมระหว่างแกนทั้งสาม

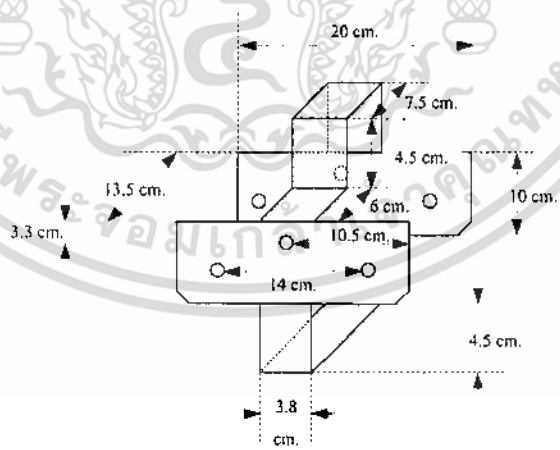
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างสะโพกทั้งสองข้าง

สะโพก ถูกสร้างขึ้นมาสองส่วน คือสะโพกด้านซ้ายและสะโพกด้านขวา การออกแบบสะโพกทั้งสองข้างถูกออกแบบให้มีขนาดเท่ากัน ดังรูปที่ 3.5 สะโพกแต่ละข้างจะมีจุดหมุนที่เป็นอิสระต่อกัน ดังรูปที่ 3.7 แกนร้อยสะโพกและเอวคือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของสะโพกทั้งสองข้าง เพราะฉะนั้นแต่ข้างจะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระแต่ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของชุดเอียงตัว โดยมีแกนบังคับระยะก้าว แกนมอเตอร์ และแกนพยุงขาเชื่อมต่อกับสะโพก ซึ่งระยะห่างและมุมระหว่างแกนทั้งสาม ดังรูปที่ 3.6 สะโพกทั้งสองข้างถูกติดตั้งภายใต้ชุดโครงอลูมิเนียมที่ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวหุ่นยนต์

3.3.2 ชุดโครงอลูมิเนียม

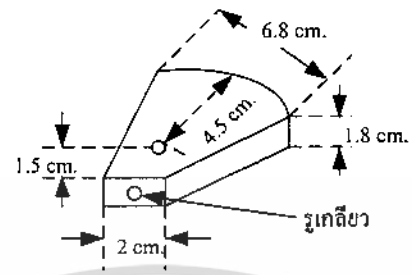


รูปที่ 3.8 ชุดโครงอลูมิเนียม

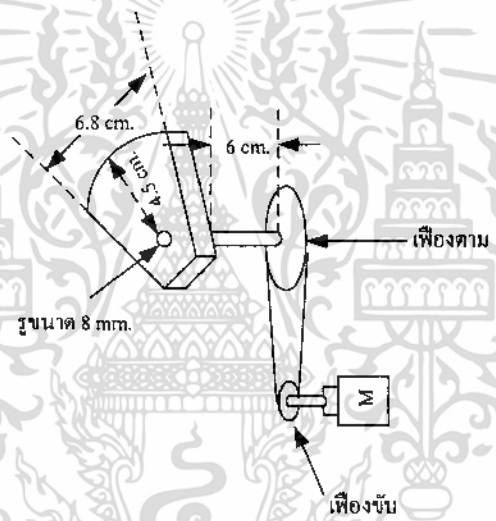
ชุดโครงอลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.8 ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ตัวหุ่นยนต์และเป็นชุดรองรับการติดตั้งสะโพกทั้งสองข้าง มอเตอร์ขับชุดเอียงตัว และชุดอียงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ชุดเอียงตัว



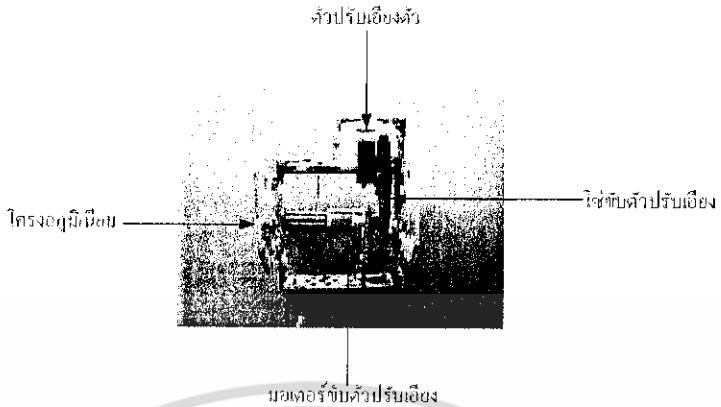
รูปที่ 3.9 ชุดเอียงตัว



รูปที่ 3.10 การประกอบชุดเอียงตัว

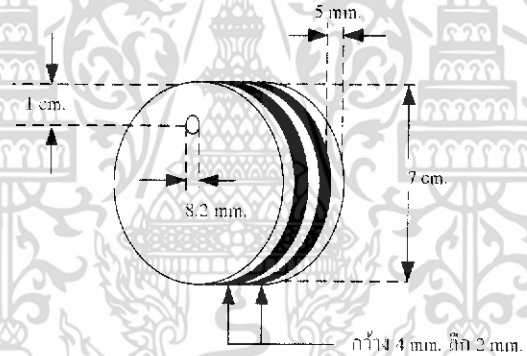
ชุดเอียงตัว ดังรูปที่ 3.9 ถูกติดตั้งอยู่ภายใต้โครงอลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.11 ประกอบอยู่ระหว่างสะโพกทั้งสองข้าง โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับชุดเอียงตัว การประกอบชุดเอียงตัวกับมอเตอร์ขับ ดังรูปที่ 3.10 ใช้ในการปรับความสมดุลของตัวหุ่นยนต์ เมื่อหุ่นยนต์ก้าวเดินชุดนี้ก็จะทำงานบังคับให้หุ่นยนต์เอียงตัว ตามหลักวัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

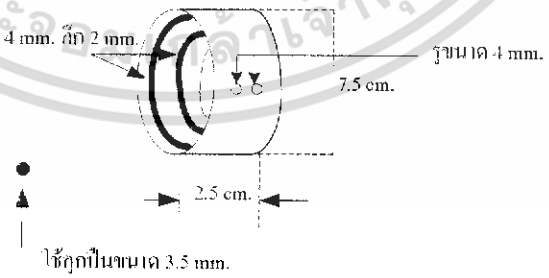


รูปที่ 3.11 การติดตั้งชุดเอียงตัวกับโครงอลูมิเนียม

3.3.4 ลูกเบี้ยว



รูปที่ 3.12 ลูกเบี้ยววงใน

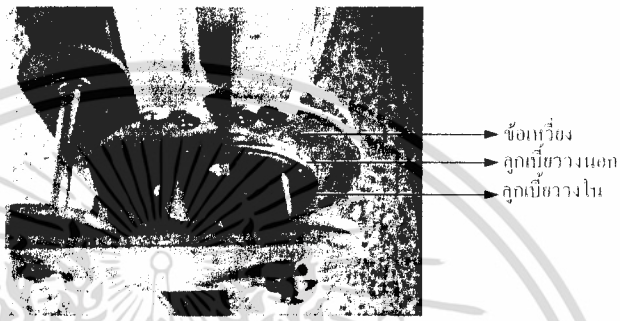


รูปที่ 3.13 ลูกเบี้ยววงนอก

ลูกเบี้ยว เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ยกขาให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน โดยได้แรงขับจากมอเตอร์ ทำให้หุ่นยนต์สามารถยกขาและเหวี่ยงขาไปได้ ลูกเบี้ยวถูกออกแบบมาให้มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ลูกเบี้ยววงใน ดังรูปที่

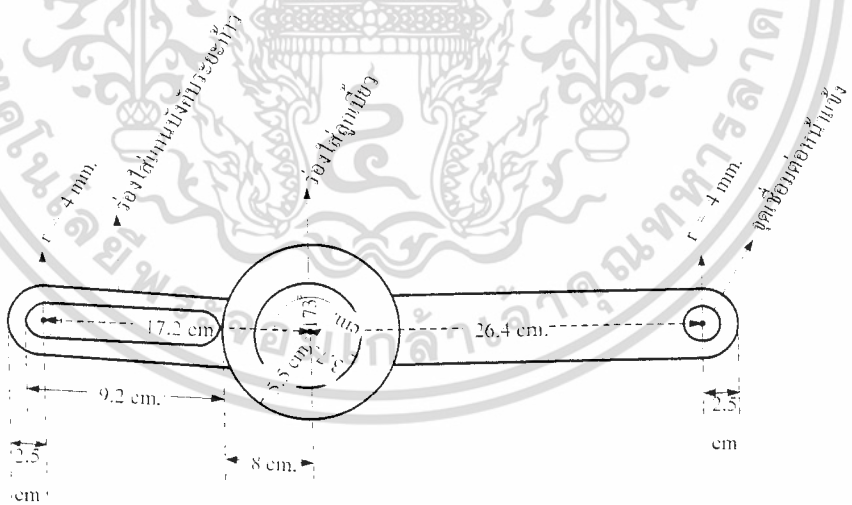
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 และลูกเบี้ยววงนอก ดังรูปที่ 3.13 หลักการออกแบบลูกเบี้ยวเมื่อลูกเบี้ยวมีขนาดใหญ่มากจะทำให้ระยะการก้าวของขายาวมากขึ้น เมื่อลูกเบี้ยวมีขนาดเล็กก็จะทำให้หุ่นยนต์ก้าวสั้นตามไปด้วยและรูที่ลูกเบี้ยวมีผลต่อระยะการก้าวของหุ่นยนต์เช่นเดียวกัน ถ้ารูใกล้จุดศูนย์กลางจะทำให้ระยะการก้าวสั้น เมื่อรูห่างจากจุดศูนย์กลางมากก็จะทำให้ระยะการก้าวยาวขึ้นตามไปด้วย เพราะฉะนั้นควรคำนึงถึงหลักในการออกแบบเป็นสำคัญ สำหรับการติดตั้งลูกเบี้ยวจะติดตั้งติดตั้งอยู่ในข้อเหวี่ยง แสดงการติดตั้ง ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การติดตั้งลูกเบี้ยวกับข้อเหวี่ยง

3.3.5 ข้อเหวี่ยง



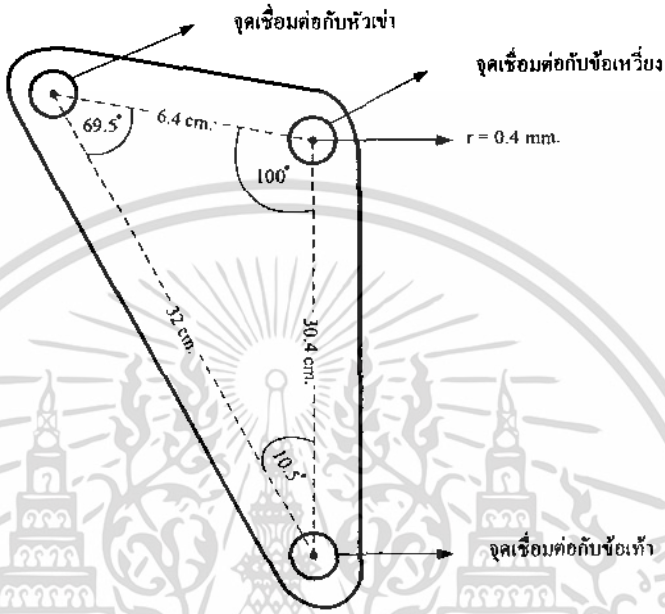
รูปที่ 3.15 ข้อเหวี่ยง

ข้อเหวียง ดังรูปที่ 3.15 ทำหน้าที่รับแรงขับจากลูกเบี้ยวเพื่อให้หุ่นยนต์ก้าวเดินไปข้างหน้า โดยในการบังคับระยะการก้าวของหุ่นยนต์ สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งแกนบังคับระยะก้าวที่สะโพก ซึ่งแกนบังคับระยะก้าวจะถูกสวมไว้ในร่องใส่แกนบังคับระยะก้าว แล้วใช้แหวนตัวอี (E) ยึดกับข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหวี่ยง การเคลื่อนไหวของข้อเหวี่ยงมีลักษณะการเคลื่อนไหวขึ้นลง ตามการหมุนของลูกเบี้ยวและจะมีผลต่อการเคลื่อนไหวในส่วนแข้งต่อไป

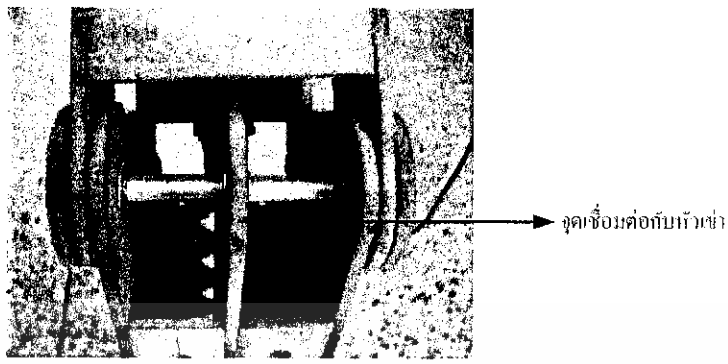
3.3.6 แข้ง



รูปที่ 3.16 แข้ง

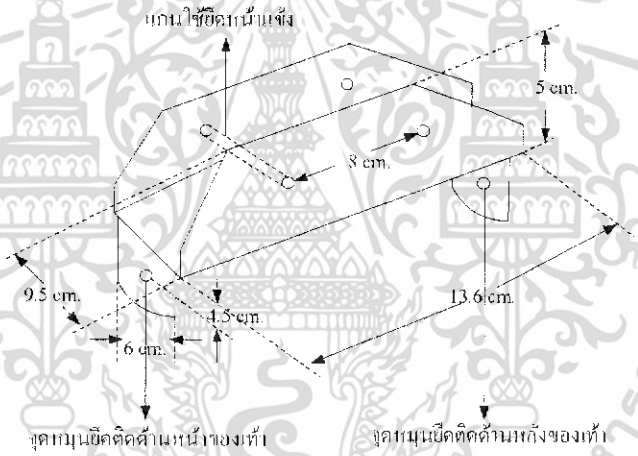
แข้ง คือส่วนที่ทำหน้าที่ให้หุ่นยนต์พับขาตั้งแต่หน้าแข้งลงมา โดยได้แรงขับจากข้อเหวี่ยงมีจุดเชื่อมต่อที่หัวเข่า ดังรูปที่ 3.17 ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนให้เกิดการพับขาและยืดขาตามแรงขับจากข้อเหวี่ยง ในส่วนจุดเชื่อมต่อกับข้อเท้า ใช้ยึดเพื่อให้การควบคุมในการพับขามีผลตั้งแต่แข้งลงมาทั้งหมด การออกแบบแข้งถูกออกแบบมาให้เป็นรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 3.16 จุดสำคัญของหน้าแข้งคือมุมระหว่างจุดเชื่อมต่อในแต่ละจุดเมื่อมุมระหว่างจุดเชื่อมต่อกับหัวเข่ากับมุมระหว่างจุดเชื่อมต่อกับข้อเหวี่ยงใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน ลักษณะการยืนของหุ่นยนต์ก็จะยืนตรงไม่งอเข่า แต่การออกแบบหน้าแข้งลักษณะนี้จะมีผลต่อความสมดุลของหุ่นยนต์ คือน้ำหนักที่ด้านหน้าของหุ่นยนต์มากกว่าน้ำหนักที่ด้านหลังของหุ่นยนต์ ถ้ามุมที่จุดเชื่อมต่อกับข้อเหวี่ยงกับมุมที่จุดเชื่อมต่อกับหัวเข่ามีความแตกต่างกันมากจะทำให้น้ำหนักที่ด้านหลังของหุ่นยนต์มากกว่าน้ำหนักที่ด้านหน้าของหุ่นยนต์ การงอของขาก็จะงอมากตามความแตกต่างของมุม จากรูปถูกออกแบบมาให้จุดที่เชื่อมต่อกับข้อเหวี่ยงมากกว่ามุมที่จุดเชื่อมต่อกับหัวเข่าประมาณ 30 องศา ลักษณะการงอของหัวเข่าก็จะงอมาด้านหลังเล็กน้อยรักษาความสมดุลของหุ่นยนต์ ทำให้หุ่นยนต์สามารถยืนอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 จุดเชื่อมต่อระหว่างแข้งกับหัวเข่า

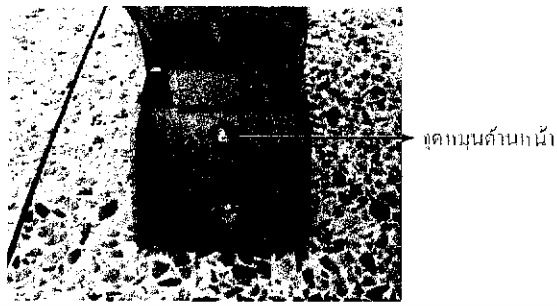
3.3.7 ข้อเท้า



รูปที่ 3.18 ข้อเท้า

ข้อเท้า ดังรูปที่ 3.18 คือส่วนที่ใช้ยึดกับหน้าแข้งและเป็นจุดหมุนให้หุ่นยนต์เกิดการเอียงตัวเมื่อหุ่นยนต์ก้าวเดิน สำหรับจุดหมุนจะยึดติดกับเท้าอยู่สองที่ด้วยกัน คือ ด้านหน้าของเท้าดังรูปที่ 3.19 และด้านหลังของเท้าดังรูปที่ 3.20

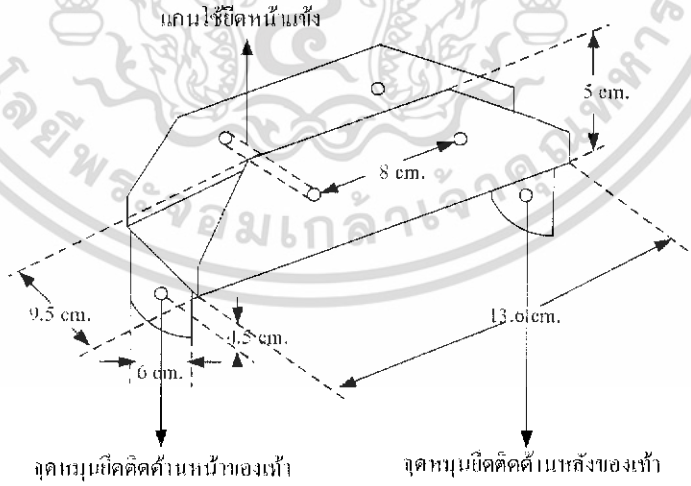
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 จุดหมุนด้านหน้าของข้อเท้า

รูปที่ 3.20 จุดหมุนด้านหลังของข้อเท้า

3.3.8 เท้า

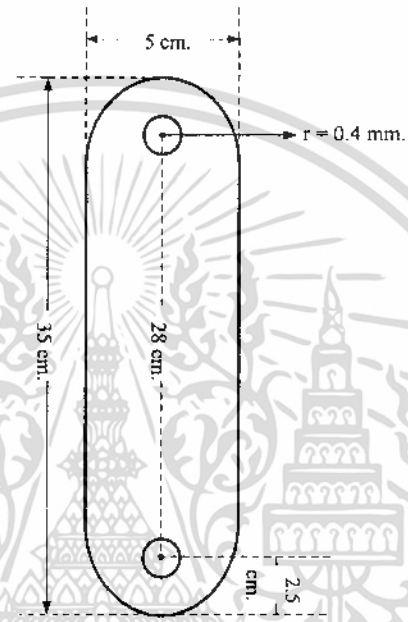


รูปที่ 3.21 เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท้า ดังรูปที่ 3.21 คือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับน้ำหนักตัวหุ่นยนต์ให้สามารถยืนอยู่ได้ ซึ่งจะประกอบกับส่วนของข้อเท้า เท้าจะมีจุดหมุนที่คงที่โดยข้อเท้าจะเป็นส่วนที่หมุนไปตามมุมระหว่างเท้าและข้อเท้าซึ่งการออกแบบขนาดของมุมระหว่างทั้งสองส่วนนี้ จะมีขนาดที่เหมาะสมกับความสมดุลของลำตัวเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถยืนอยู่ได้

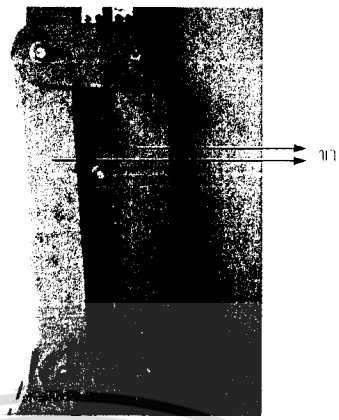
3.3.9 ขา



รูปที่ 3.22 ขา

ขา ดังรูปที่ 3.22 คือส่วนประกอบโครงสร้างภายนอก เชื่อมต่อบริเวณหัวเข่าขึ้นมาประกอบกับชุดลูกเบี้ยวและสะโพก ขาถูกออกแบบเพื่อให้ตัวหุ่นยนต์มีความเป็นสัดส่วนกันและเพิ่มความมั่นคงให้ตัวหุ่นยนต์พร้อมกับทำหน้าที่เป็นจุดหมุนพร้อมกับข้อเหวี่ยง การประกอบขาใช้ข้างละ 4 ท่อน ด้านใน 2 ท่อนและด้านนอก 2 ท่อน แสดงได้ดังรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



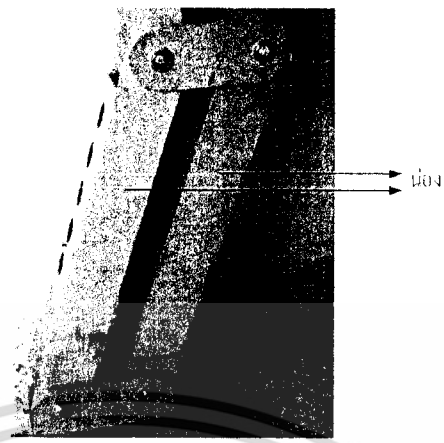
รูปที่ 3.23 การติดตั้งขา

3.3.10 น่อง

รูปที่ 3.24 น่อง

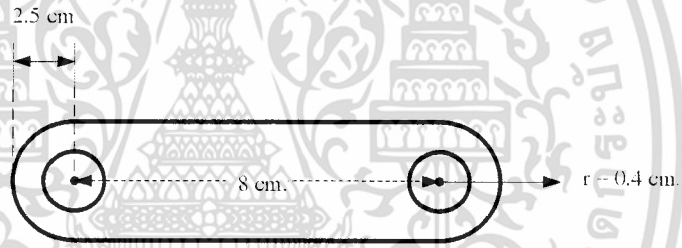
น่องเป็นส่วนประกอบโครงสร้างภายนอกเหมือนกับขา เชื่อมต่อบริเวณหัวเข่าลงมาจนถึงข้อเท้า น่องถูกออกแบบมาเพื่อให้ตัวหุ่นยนต์มีความเป็นสัดส่วนกันและเพิ่มความมั่นคงให้ตัวหุ่นยนต์ ซึ่งน่องจะเชื่อมต่อเป็นจุดหมุนซึ่งกันและกันกับขา การประกอบน่องใช้ข้างละ 4 ท่อน ด้านใน 2 ท่อนและด้านนอก 2 ท่อน ดังรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การติดตั้งน่อง

3.3.11 ข้อต่อ

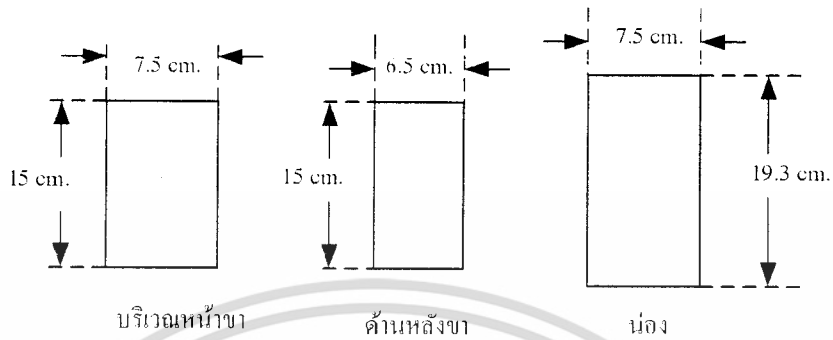


รูปที่ 3.26 ข้อต่อ

ข้อต่อ ดังรูปที่ 3.26 คือส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างขากับน่องทั้งคู่ด้านนอกและคู่ด้านในและกลายจุดหมุนซึ่งกันและกัน อีกทั้งยังช่วยรักษาระดับให้คู่ขาและคู่ของน่องทั้งคู่ด้านนอกและคู่ด้านใน ให้ขนานกันในมุมมองด้านข้างและด้านใน ทำงานอย่างสัมพันธ์กันเมื่อหุ่นยนต์ก้าวขาเดิน

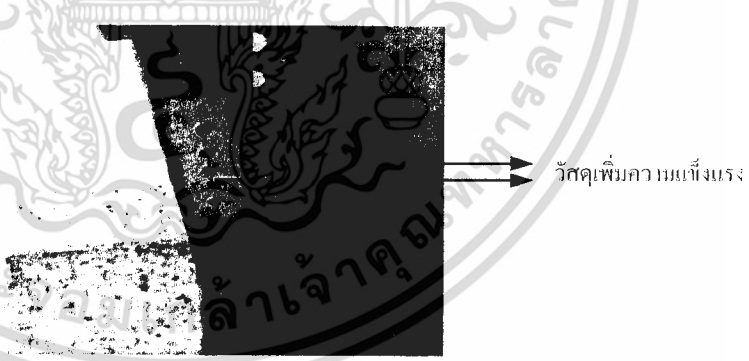
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.12 วัสดุเพิ่มความแข็งแรง



รูปที่ 3.27 วัสดุเพิ่มความแข็งแรง

วัสดุเพิ่มความแข็งแรง ดังรูปที่ 3.27 ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวหุ่นยนต์ การติดตั้งวัสดุเพิ่มความแข็งแรง ดังรูปที่ 3.28 เมื่อหุ่นยนต์ไม่มีการเสริมวัสดุเพิ่มความแข็งแรงจะทำให้ตัวหุ่นยนต์อ่อนตัว ประกอบกับตัวหุ่นยนต์สร้างด้วยไม้ยิ่งทำให้ตัวหุ่นยนต์อ่อนตัวมากขึ้น วัสดุเพิ่มความแข็งแรงยังช่วยรักษาระดับให้คู่ขาและคู่ของน่องทั้งคู่ด้านนอกและคู่ด้านในให้ขนานกันในมุมมองด้านหน้าและด้านหลังทำงานอย่างสัมพันธ์กันเมื่อหุ่นยนต์ก้าวขาเดิน

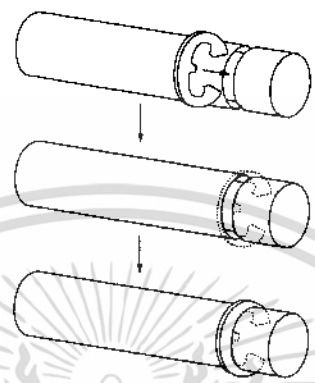


รูปที่ 3.28 การติดตั้งวัสดุเพิ่มความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.13 การล็อค (Lock) แกนสแตนเลส (Stainless) ด้วยแหวนตัวอี

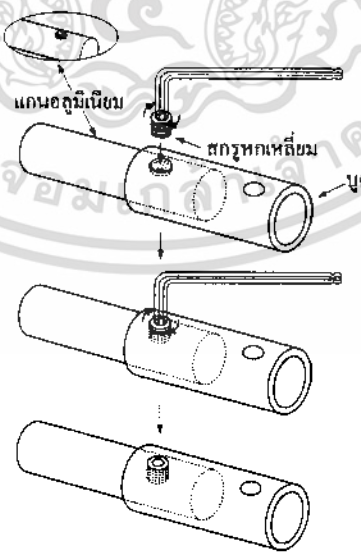
ในการสร้างหุ่นยนต์เดินสองขา การประกอบส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์เข้าด้วยกัน วิธีที่ใช้มากที่สุด คือ การล็อคแกนสแตนเลสด้วยแหวนตัวอี ขั้นตอนในการการล็อคแกนสแตนเลสด้วยแหวนตัวอี ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การล็อคแกนสแตนเลสด้วยแหวนตัวอี

3.3.14 การล็อคแกนสแตนเลสเข้ากับบูตด้วยสกรู (screw) หกเหลี่ยม

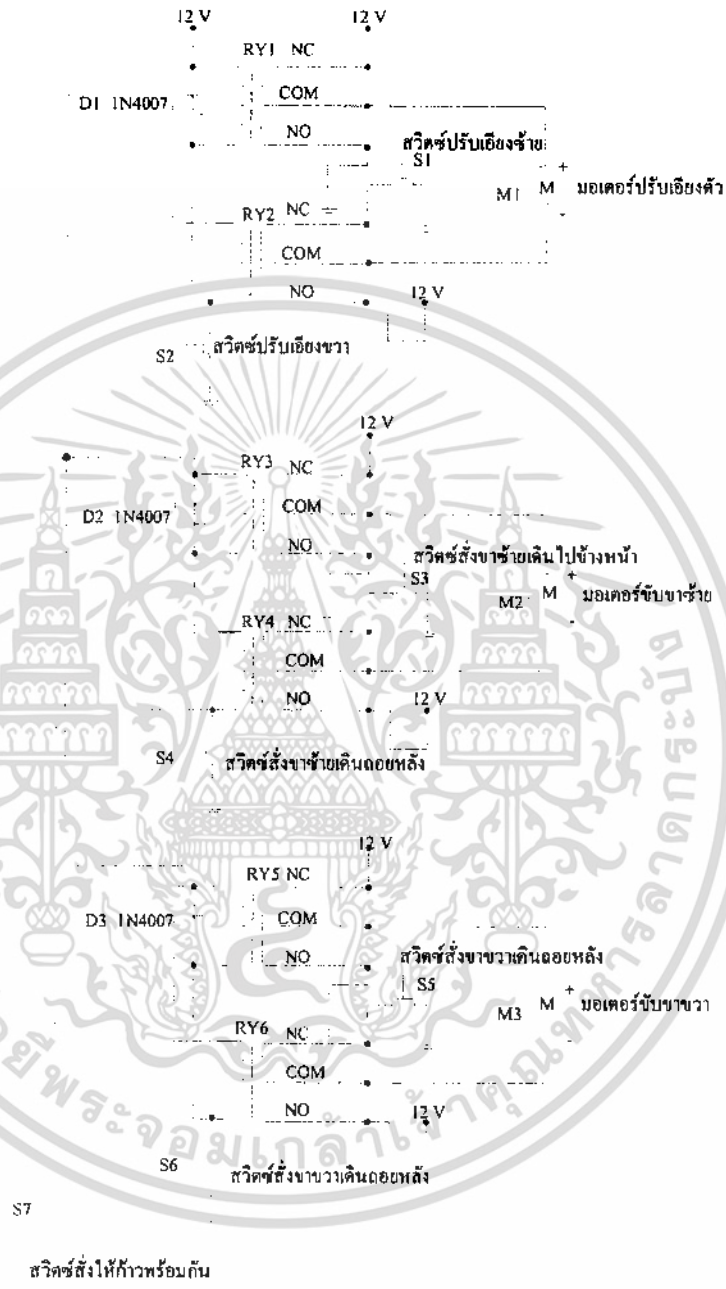
การใช้มอเตอร์ขับส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องล็อคแกนมอเตอร์ให้แน่น มิฉะนั้นแล้วจะทำให้เกิดการฟรี (Free) ทำให้การขับส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไม่สม่ำเสมอ วิธีการที่นำมาใช้ในส่วนตรงนี้ คือ การล็อคแกนสแตนเลสเข้ากับบูตด้วยสกรูหกเหลี่ยม ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การล็อคแกนสแตนเลสเข้ากับบูตด้วยสกรูหกเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.31 วงจรควบคุมการทำงาน

หลักการทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.31 เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เดินสองขา จะเห็นได้ว่า วงจรจะแบ่งออกเป็น 3 ชุด และแต่ละชุดก็จะเป็นวงจรชนิดเดียวกันที่นำไปใช้ในการตัดต่อการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1, M2, M3 การทำงานของวงจรจะอธิบายการทำงานเพียงชุดเดียวเท่านั้น เพราะวงจรแต่ละชุดจะมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน

เริ่มต้นการทำงานของวงจรที่ RY1 และ RY2 เมื่อ S1 ถูกกดลง RY1 และ RY2 ยังไม่ได้ทำงาน เพราะว่า S1 ต่ออยู่ที่ขา NC ของ RY2 รีเลย์ (Relay) ปกติเมื่อยังไม่ป้อนไฟเข้าขดลวด ขา COM จะต่ออยู่กับขา NC จากรูปที่ 3.30 จะเห็นได้ว่า ขา NC ของ RY1 ต่ออยู่กับไฟ 12 V ขา COM ของ RY1 ต่ออยู่กับขั้วบวกของมอเตอร์ ในส่วนของ RY2 ขา NC ของ RY2 ต่ออยู่ S1 และ S1 ก็ต่อกับกราวด์ (Ground) อีกครั้งหนึ่ง ในส่วนของขา COM ของ RY2 ต่ออยู่กับขั้วลบของมอเตอร์ เมื่อ S1 ถูกกดลง ไฟก็จะต่อตามขั้วของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนตามขั้วแต่เมื่อ S2 ถูกกดลงไ ฟ 12 V ไหลเข้าขดลวดของรีเลย์ ทำให้รีเลย์ RY1 และ RY2 ทำงาน ขา COM ของ RY1 และ RY2 เลื่อนตำแหน่งมาต่อที่ขา NO ซึ่งขา NO ของ RY1 จะต่ออยู่กับกราวด์ ส่วนขา NO ของ RY2 ต่ออยู่กับไฟ 12 V เมื่อรีเลย์ทั้งสองตัวทำงานขั้วของมอเตอร์จะต่อกลับขั้วกับไฟ 12 V คือขั้วบวกของมอเตอร์ต่อกับไฟลบและขั้วลบของมอเตอร์ต่อกับไฟบวก ทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง ส่วน S7 มีไว้เพื่อต้องการให้มอเตอร์สองตัวทำงานพร้อมกัน คือการสั่งให้ขาซ้ายและขาขวาของหุ่นยนต์ก้าวไปข้างหน้าทำงานพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของส่วนต่างๆ ของโครงงานหุ่นยนต์เดินสองขา ที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นว่า มีขีดความสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในตอนต้นหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบผลการทำงานของส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์เดินสองขา ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามขีดความสามารถที่กำหนดหรือไม่ ในการทดลองจะแบ่งการทดลองชุดการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ มุมข้อพับเข่าขณะยืนตรง มุมการเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก มุมการเอียงตัวโดยไม่ใช้ระบบกลไก ระยะการก้าวของหุ่นยนต์ มุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด การเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว การเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยวและรอบการหมุนของมอเตอร์

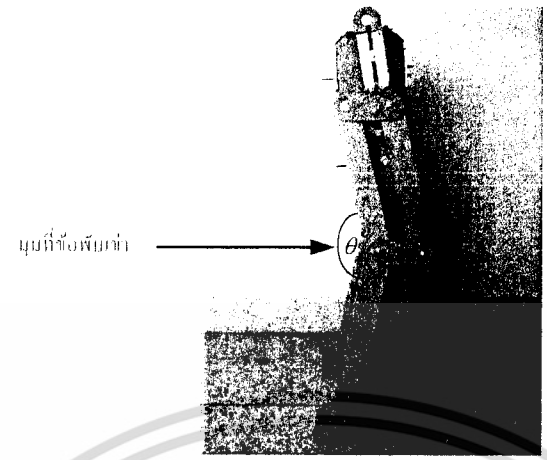
4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

4.2.1 การทดลองข้อพับเข่าขณะยืนตรง

การทดลองมุมข้อพับเข่าขณะยืนตรง ดังรูปที่ 4.1 (ก) รูปที่ 4.2 (ข) ทดลองเพื่อต้องการทราบการออกแบบตัวโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ เมื่อหุ่นยนต์ยืนตรง มุมข้อพับเข่าเท่ากันหรือแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เพราะมุมในส่วนนี้จะมีผลต่อความสมดุลของตัวหุ่นยนต์

รูปที่ 4.1 (ก) หุ่นยนต์ขณะยืนตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 (ข) หุ่นยนต์ขณะยืนตรง

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 จัดตำแหน่งขาทั้งสองข้างของหุ่นยนต์ให้ได้ระดับ อยู่ในลักษณะการยืนตรง ควบคุมโดยใช้ชุดควบคุมด้วยมือ

1.3 จัดตำแหน่งของชุดเอียงตัวให้อยู่ในระดับพอดีระหว่างขาทั้งสองข้าง โดยตัวหุ่นยนต์ตั้งฉากกับพื้น

1.4 วัดมุมข้อพับเข่าขณะยืนตรงทั้งขาซ้ายและขาขวา พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองมุมข้อพับเข่าขณะยืนตรง

ตำแหน่งขา	มุมที่วัด (θ)			
	ครั้งที่ 1 (องศา)	ครั้งที่ 2 (องศา)	ครั้งที่ 3 (องศา)	เฉลี่ย (องศา)
ข้างซ้าย	155.0	155.0	155.5	155.16
ข้างขวา	156.5	156.0	156.7	156.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง จากตารางการทดลองมุมข้อพับเข่าขณะยืนตรง พบว่าที่ข้อพับขาทั้งสองข้างมีมุมของการพับเข่าที่ไม่คงที่จึงต้องทำการทดสอบทั้งสิ้น 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการสรุปผลการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมในการพับเข่าขณะยืนตรงมีผลต่างกัน 1.24 องศา เป็นผลอันเนื่องมาจากตำแหน่งของรูข้อต่อที่ข้อพับของขาทั้งสองข้าง มีตำแหน่งต่างกันโดยเฉพาะตำแหน่งของการเจาะรูเพื่อสอดแกนหมุนของข้อพับ

4.2.2 การทดลองข้อพับเข่าขณะมุมที่ข้อพับเข่าเปลี่ยน

การทดลองข้อพับเข่าขณะมุมที่ข้อพับเข่าเปลี่ยน ทดลองเพื่อต้องการทราบว่าเมื่อมุมที่ข้อพับเปลี่ยนมีผลต่อการยืนของหุ่นยนต์หรือไม่ มุมข้อพับเข่าขนาดเท่าใด ที่ทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถยืนอยู่ได้

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 จัดตำแน่งขาทั้งสองข้างของหุ่นยนต์ให้ได้ระดับ อยู่ในลักษณะการยืนตรง ควบคุมโดยใช้ชุดควบคุมด้วยมือ

1.3 จัดตำแหน่งของชุดเอียงตัวให้อยู่ในระดับพอดีระหว่างขาทั้งสองข้าง โดยตัวหุ่นยนต์ตั้งฉากกับพื้น

1.4 กระดกสวิตซ์ให้มอเตอร์ขับขาซ้ายและมอเตอร์ขับขาขวาทำงาน ก้าวไปข้างหน้าพร้อมกัน โดยให้มุมที่ข้อพับเข่าเปลี่ยนแปลงตามที่กำหนดไว้ พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองข้อพับเข่าขณะมุมที่ข้อพับเข่าเปลี่ยน

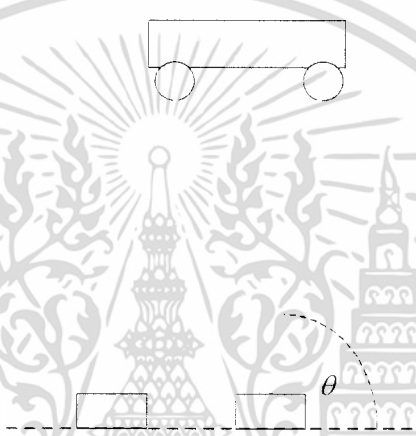
มุมที่ข้อพับเข่าทั้งสองข้าง (องศา)	สถานะของหุ่นยนต์
155	ยืนอยู่ได้
153	ยืนอยู่ได้
151	ยืนอยู่ได้
ต่ำกว่า 151	ล้ม

สรุปผลการทดลอง ในสภาวะปกติที่หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง มุมที่ข้อพับเข่าอยู่ที่ประมาณ 155 องศา และกำหนดให้มุมที่ข้อพับเข่าลดลงครั้งละ 2 องศา เพื่อทดลองสถานะของหุ่นยนต์ว่าสามารถยืนอยู่ได้หรือไม่ จากผลการทดลองพบว่า ค่ามุมสูงสุดที่หุ่นยนต์สามารถยืนอยู่ได้อยู่ที่ประมาณ 151 องศา และเมื่อมุมมีค่าต่ำกว่า 151 องศาลงมาจะทำให้หุ่นยนต์ล้ม ไม่สามารถยืนอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองการเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก

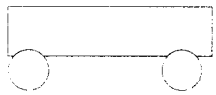
การทดลองการเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก ทดลองเพื่อต้องการทราบมุมการเอียงตัวสูงสุดทั้งด้านซ้าย ดังรูปที่ 4.2 (ก) รูปที่ 4.2 (ข) และด้านขวา ดังรูปที่ 4.3 (ก) รูปที่ 4.3 (ข) เมื่อใช้ชุดการเอียงตัวบังคับให้หุ่นยนต์เอียงตัว การทดลองในหัวข้อนี้จะนำผลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองการเอียงตัวที่ใช้การควบคุมด้วยระบบกลไก เพื่อดูความแตกต่างระหว่างหุ่นยนต์อยู่ในภาวะสมดุลที่สามารถทรงตัวอยู่ได้และหุ่นยนต์อยู่ภาวะไม่สมดุลที่ทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ ที่มีผลต่อการเดินของหุ่นยนต์ทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถเดินได้

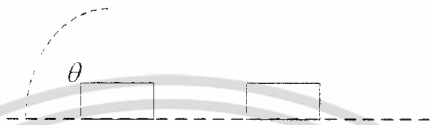


รูปที่ 4.2 (ก) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก (เอียงซ้าย)

รูปที่ 4.2 (ข) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก (เอียงซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.3 (ก) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก (เอียงขวา)

รูปที่ 4.3 (ข) หุ่นยนต์เอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก (เอียงขวา)

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 กดปุ่มให้ชุดเอียงตัวทำงาน รายละเอียดการใช้งานแต่ละปุ่มระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน) โดยให้ชุดเอียงตัวดันเท้าหุ่นยนต์ให้เอียงจนสุดเท่าที่ชุดเอียงตัวจะสามารถทำได้ พร้อมบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

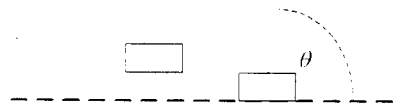
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองมุมการเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก

การเอียงตัวของหุ่นยนต์	มุมที่วัด (θ)			
	ครั้งที่ 1 (องศา)	ครั้งที่ 2 (องศา)	ครั้งที่ 3 (องศา)	เฉลี่ย (องศา)
ข้างซ้าย	83.0	83.5	83.4	83.3
ข้างขวา	82.0	82.3	81.0	81.7

สรุปผลการทดลอง พบว่าการเอียงตัวของหุ่นยนต์มีมุมของการเอียงที่ไม่คงที่จึงต้องทำการทดสอบ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการสรุปผลการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมขณะที่หุ่นยนต์เอียงตัวมีผลที่ต่างกันดังนี้ ค่าเฉลี่ยขณะเอียงตัวทางข้างซ้ายเท่ากับ 83.30 องศา และขณะเอียงตัวข้างขวามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.76 องศา ซึ่งมีผลต่างกันอยู่ 1.54 องศา เหตุผลที่มุมการเอียงทั้งสองข้างมีความแตกต่างกันเนื่องจากความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยในขั้นตอนการสร้าง

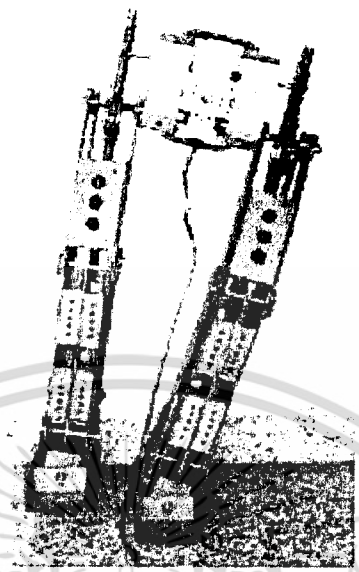
4.2.4 การทดลองการเอียงตัวโดยบังคับการเอียงตัว

การทดลองการเอียงตัวที่ใช้การบังคับการเอียงตัว เป็นการบังคับการเอียงตัวของหุ่นยนต์โดยการผลักให้หุ่นยนต์เอียงตัว ทั้งเอียงตัวไปทางซ้าย ดังรูปที่ 4.4 (ก) รูปที่ 4.4 (ข) และเอียงตัวไปทางขวา ดังรูปที่ 4.5 (ก), รูปที่ 4.5 (ข) ทำให้หุ่นยนต์อยู่ในสภาวะสมดุลทรงตัวอยู่ได้ ซึ่งถ้าใช้การเอียงตัวที่ใช้การบังคับด้วยระบบกลไกจะไม่สามารถทำได้ การทดลองในหัวข้อนี้จะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง การเอียงตัวที่ใช้ระบบกลไก แล้วสรุปผลการทดลองเพื่อดูความแตกต่างกัน

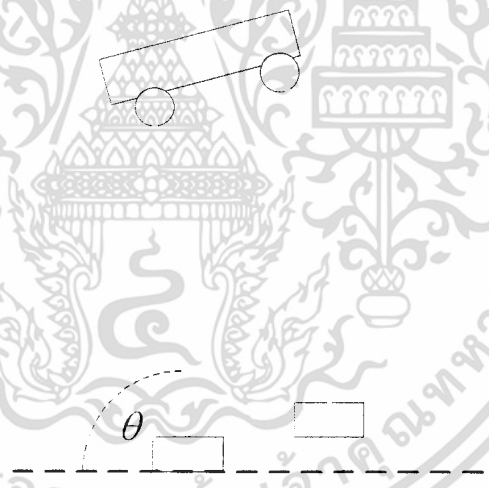


รูปที่ 4.4 (ก) หุ่นยนต์ที่บังคับการเอียงตัว (เอียงซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

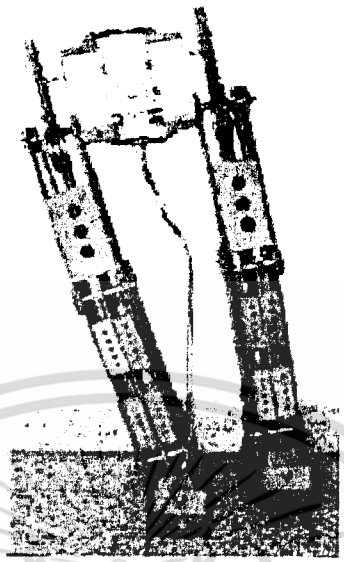


รูปที่ 4.4 (ข) หุ่นยนต์ที่บังคับการเอียงตัว (เอียงซ้าย)



รูปที่ 4.5 (ก) หุ่นยนต์ที่บังคับการเอียงตัว (เอียงขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 (ข) หุ่นยนต์ที่บังคับการเอียงตัว (เอียงขวา)

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 กดปุ่มควบคุมให้หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง (รายละเอียดการใช้งานแต่ละปุ่มระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน) ปรับชุดเอียงตัวให้หุ่นยนต์เอียงตัวสุดตามการทดลองเอียงตัวข้างๆ นั้น

1.3 ฝึนการเอียงตัวโดยผลักตัวหุ่นยนต์ให้เอียงตัวไปทางซ้ายและเอียงตัวมาทางขวาโดยชุดเอียงตัวจะเอียงไปตามด้านที่ทดลอง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองมุมการเอียงตัวที่ใช้การบังคับการเอียงตัว

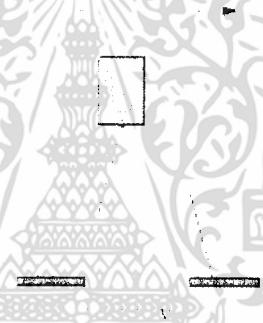
การเอียงตัวของหุ่นยนต์	มุมที่วัด (θ)			
	ครั้งที่ 1 (องศา)	ครั้งที่ 2 (องศา)	ครั้งที่ 3 (องศา)	เฉลี่ย (องศา)
ข้างซ้าย	75.0	75.5	75.0	75.1
ข้างขวา	75.0	75.0	75.6	75.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง พบว่าการเอียงตัวของหุ่นยนต์มีมุมของการเอียงที่ไม่คงที่จึงต้องทำการทดสอบ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการสรุปผลการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมขณะที่หุ่นยนต์เอียงตัวมีผลที่ต่างกันดังนี้ ค่าเฉลี่ยขณะเอียงตัวทางข้างซ้ายเท่ากับ 75.16 องศา และขณะเอียงตัวข้างขวามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.20 องศา ซึ่งมีผลต่างกันอยู่ 0.4 องศา โดยมีผลต่างของมุมน้อยกว่าการทดลองโดยใช้ระบบกลไกควบคุม เนื่องมาจากชุดเอียงตัวไม่มีความสามารถที่จะดันส่วนของสะโพกให้มีมุมเอียงมากพอและจากผลดังกล่าวทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถที่จะเอียงตัวได้มากพอที่จะทำให้เกิดจุดศูนย์ถ่วงตรงกลางลำตัวของหุ่นยนต์ก่อให้เกิดการยกข้อเท้าสั้นเกินไป

4.2.5 การทดลองระยะการก้าวของหุ่นยนต์

การทดลองระยะการก้าวของหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 4.6 (ก) รูปที่ 4.6 (ข) เป็นการทดลองเพื่อดูว่าระยะการก้าวสูงสุดของหุ่นยนต์หนึ่งก้าว สามารถก้าวได้สูงสุดเป็นระยะทางเท่าใด



รูปที่ 4.6 (ก) ระยะการก้าวของหุ่นยนต์

รูปที่ 4.6 (ข) ระยะการก้าวของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 กดปุ่มควบคุมให้หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง (รายละเอียดการใช้งานแต่ละปุ่มระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน)

1.3 ประคองตัวหุ่นยนต์พร้อมกับบังคับให้หุ่นยนต์ก้าวเดินดังรูปที่ 4.6 บันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองระยะการก้าวของหุ่นยนต์

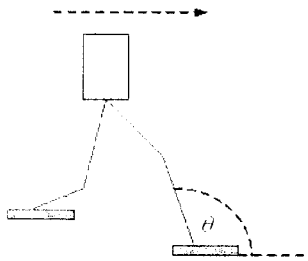
ระยะการก้าวเดิน	ระยะที่วัด (v)			
	ครั้งที่ 1 (ซม.)	ครั้งที่ 2 (ซม.)	ครั้งที่ 3 (ซม.)	เฉลี่ย (ซม.)
ก้าวขาขวา	22.2	22.4	22.4	22.3
ก้าวขาซ้าย	21.0	21.2	21.0	21.0

สรุปผลการทดลอง พบว่าระยะการก้าวเดินของหุ่นยนต์โดยวัดจากปลายเท้าที่ก้าวถึงปลายเท้าข้างที่อยู่กับที่ มีระยะของการก้าวขาไม่คงที่จึงต้องทำการทดสอบ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการสรุปผลการทดลอง ทำให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยระยะก้าวของการก้าวขาข้างขวามีมากกว่าระยะของการก้าวขาซ้าย ซึ่งมีผลต่างกันอยู่ 1.27 เซนติเมตร โดยมีผลมาจากการหาจุดตกของข้อเท้าแต่ละข้างในขณะที่ทำการก้าวขาไปข้างหน้าไม่คงที่

4.2.6 การทดลองมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด

เป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้ง ปกติเมื่อหุ่นยนต์เหยียดขาสูงสุด เท้าทั้ง 2 ข้างของหุ่นยนต์จะอยู่ในลักษณะขนานพื้นตลอดเวลา เมื่อมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งมีค่าที่คงที่ (จากการทดลองหลายๆ ครั้ง) แสดงว่า ชุดกลไกและชุดขับเคลื่อนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ การทดลองมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด ดังรูปที่ 4.7 (ก) รูปที่ 4.7 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ก) หุ่นยนต์ขณะเหยียดขาสุด

รูปที่ 4.7 (ข) หุ่นยนต์ขณะเหยียดขาสุด

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 กดปุ่มควบคุมให้หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง (รายละเอียดการใช้งานแต่ละปุ่มระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน)

1.3 ประคองตัวหุ่นยนต์พร้อมกับบังคับให้หุ่นยนต์ก้าวเดินดังรูปที่ 4.7 โดยให้ทำการทดลองทั้งสองข้าง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

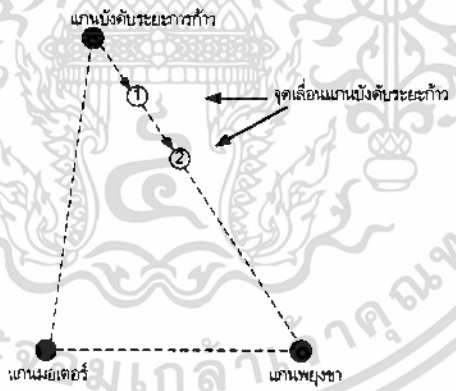
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด

การเหยียดขา	มุมที่วัด (θ)			
	ครั้งที่ 1 (องศา)	ครั้งที่ 2 (องศา)	ครั้งที่ 3 (องศา)	เฉลี่ย (องศา)
ข้างซ้าย	107.0	107.0	107.5	107.7
ข้างขวา	108.5	108.0	108.5	108.3

สรุปผลการทดลอง การทดลองมุมระหว่างเท้าและหน้าแข้งขณะเหยียดขาสุด พบว่ามีมุมของการพับเข่าที่ไม่คงที่จึงต้องทำการทดสอบทั้งสิ้น 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการสรุปผลการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมในการพับเข่าขณะยืดขาตรงมีผลต่างกัน 0.6 องศา ซึ่งการทดลองนี้บ่งบอกถึงความสามารถในการยืดหยุ่นของระบบกลไกในส่วนข้อเท้า

4.2.7 การเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว

การทดลองเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว เป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบว่า เมื่อเลื่อนแกนบังคับระยะการก้าวแล้ว จะมีผลต่อการก้าวและการยกขาของหุ่นยนต์หรือไม่ โดยการทดลองเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 กดปุ่มควบคุมให้หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง (รายละเอียดการใช้งานแต่ละปุ่มระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน) โดยแกนบังคับระยะก้าวยังไม่เลื่อนแกน

1.3 ประคองตัวหุ่นยนต์พร้อมกับบังคับให้หุ่นยนต์ก้าวขา บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กดปุ่มควบคุมให้หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง

1.5 เลื่อนแกนบังคับระยะก้าวมายังรู 1และ 2 โดยมีระยะห่างจากจุดเดิม 2 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.6 ประคองตัวหุ่นยนต์พร้อมกับบังคับให้หุ่นยนต์ก้าวขา บันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

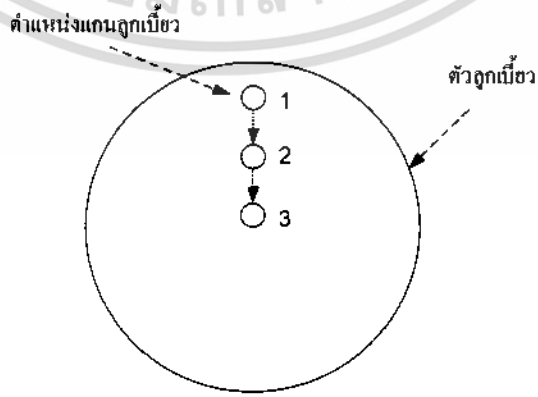
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าว

แกนบังคับระยะก้าว	ระยะก้าวขาซ้าย (ซม.)	ระยะก้าวขาขวา (ซม.)
จุดเดิม	10.5	11.2
จุดที่ 1	15.3	16.4
จุดที่ 2	21.2	22.4

สรุปผลการทดลอง จากการทดลองพบว่าจุดเดิมและจุดที่ 1 มีระยะของการก้าวขาที่ค่อนข้างสั้น และมีผลทำให้ฝ่าเท้ายกได้สูงไม่พอที่จะพ้นเหนือพื้น ซึ่งจะทำให้การทรงตัวของหุ่นยนต์ไม่สมดุลและทำให้หุ่นยนต์ล้มได้ขณะที่ก้าวเดิน ดังนั้นจุดที่ 2 เป็นจุดที่ดีที่สุดที่ทำให้ตำแหน่งของการยกฝ่าเท้าสูงพ้นเหนือพื้น ทำให้หุ่นยนต์มีความสมดุลไม่ล้มและสัมพันธ์กับระยะของการก้าวเดินในตารางที่ 4.4

4.2.8 การเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว

เป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบว่า นอกจากการเลื่อนจุดแกนบังคับระยะก้าวที่มีผลต่อระยะการก้าวและการยกขาของหุ่นยนต์แล้ว การเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยวจะมีผลต่อการก้าวและการยกขาของหุ่นยนต์หรือไม่ โดยการทดลองเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 ต่อชุดควบคุมด้วยมือและแบตเตอรี่กับตัวหุ่นยนต์

1.2 กดปุ่มควบคุมให้หุ่นยนต์ยืนอยู่ตรง (รายละเอียดการใช้งานแต่ละปุ่มระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน) โดยเริ่มที่ตำแหน่งแกนลูกเบี้ยวยังอยู่ในตำแหน่งที่ 1

1.3 ประคองตัวหุ่นยนต์พร้อมกับบังคับให้หุ่นยนต์ก้าวขา บันทึกผลการทดลอง

1.4 หลังจากนั้นเลื่อนตำแหน่งแกนลูกเบี้ยวที่ไปยังตำแหน่งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

1.5 ทำซ้ำข้อ 1.2 และ 1.3 จนเลื่อนครบทุกแกน

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการเลื่อนจุดแกนลูกเบี้ยว

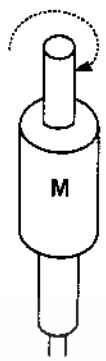
จุดแกนลูกเบี้ยว	ระยะก้าวขาซ้าย (ซม.)	ระยะก้าวขาขวา (ซม.)
1	21.2	22.4
2	15	16
3	10	11.5

สรุปผลการทดลอง จากการทดลองพบว่าจุดแกนลูกเบี้ยวที่ 2 และจุดแกนลูกเบี้ยวที่ 3 มีระยะของการก้าวขาที่ค่อนข้างสั้นและมีผลทำให้ฝ่าเท้ายกได้สูงไม่พอที่จะพ้นเหนือพื้น ซึ่งจะทำให้การทรงตัวของหุ่นยนต์ไม่สมดุลและทำให้หุ่นยนต์ล้มได้ขณะที่ก้าวเดิน ดังนั้นจุดที่ 1 เป็นจุดที่ดีที่สุดที่ทำให้ตำแหน่งของการยกฝ่าเท้าสูงพ้นเหนือพื้น ทำให้หุ่นยนต์มีความสมดุลไม่ล้มและสัมพันธ์กับระยะของการก้าวเดิน ดังตารางที่ 4.4

4.2.9 การหมุนของมอเตอร์

การทดลองการหมุนของมอเตอร์ เป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบค่ารอบการหมุนของมอเตอร์ที่นำมาใช้ในการขับเคลื่อนชุดกลไกของหุ่นยนต์ โดยเฉพาะมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนขาซ้ายและขาขวา ซึ่งมอเตอร์ที่จะนำมาใช้งาน จะต้องมีรอบการหมุนที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันที่สุด เพราะเมื่อหุ่นยนต์ก้าวขาเดิน ความเร็วของการก้าวขาทั้ง 2 ข้างจะต้องมีความเร็วที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการทดลองรอบการหมุนของมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อที่จะนำมอเตอร์ที่รอบการหมุนที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน นำมาใช้ขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ การทดลองรอบการหมุนของมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การหมุนของมอเตอร์

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1 นำมอเตอร์ขับขาซ้าย ขับขาขวา และมอเตอร์ปรับการเอียงของหุ่นยนต์ ต่อกับแบตเตอรี่แรงดัน 12 โวลต์ เพื่อวัดรอบการหมุนของมอเตอร์แต่ละตัว พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการหมุนของมอเตอร์

มอเตอร์	เวลาที่ใช้หมุนของมอเตอร์ 30 รอบ (นาที)							
	ต่อแรงดันตามขั้วมอเตอร์				ต่อแรงดันกลับขั้วมอเตอร์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
มอเตอร์ขับขาซ้าย	3.14	3.13	3.14	3.136	3.16	3.15	3.15	3.153
มอเตอร์ขับขาขวา	3.16	3.17	3.16	3.163	3.14	3.14	3.14	3.140
มอเตอร์ปรับการเอียงตัว	3.15	3.14	3.14	3.143	3.13	3.13	3.14	3.133

สรุปผลการทดลอง จากตารางพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์แต่ละตัว ตัวละ 30 รอบ ใช้ระยะเวลาในการทดสอบแต่ละครั้งไม่คงที่ โดยที่การทดสอบแต่ละครั้งมีผลต่างของเวลา 1 วินาที โดยประมาณ จึงต้องหาระยะเวลาเฉลี่ยของการทดสอบมอเตอร์มาใช้ในการพิจารณาผลการทดสอบมอเตอร์ โดยมอเตอร์ขับขาซ้ายต่อตามขั้วใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 3.136 นาที และต่อกลับขั้วใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 3.153 นาที ส่วนมอเตอร์ขับขาขวาต่อตามขั้วใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 3.163 นาทีและต่อกลับขั้วใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 3.140 นาที ส่วนมอเตอร์ปรับการเอียงตัวใช้เวลาเฉลี่ยในการต่อตามขั้ว 3.143 นาที ใช้เวลาเฉลี่ยในการต่อกลับขั้ว 3.133 นาที ในการเลือกมอเตอร์เพื่อนำมาใช้ในส่วนของขาซ้ายและขาขวาต้องเลือกตัวที่มีระยะเวลาในการหมุนใกล้เคียงกันมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

หุ่นยนต์เดินสองขาเป็นหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยส่วนของกลไกเป็นหลัก อาศัยการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของกลไกในส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ ขาแต่ละข้างของหุ่นยนต์อาศัยการควบคุมจากมอเตอร์กระแสตรงข้างละตัว เพื่อให้ขาแต่ละข้างเป็นอิสระต่อกัน อีกทั้งในการบังคับให้หุ่นยนต์ยืนตรงจะสามารถทำได้ง่ายขึ้น ในการบังคับให้ชุดกลไกขาเคลื่อนที่นั้น อาศัยการควบคุมจากมอเตอร์กระแสตรงขับลูกเบี้ยวเพื่อยกชุดกลไกช่วงขาให้ก้าวเดินไปข้างหน้า โดยจะมีตัวปรับตำแหน่งของการก้าวไปข้างหน้าเมื่อต้องการเปลี่ยนระยะการก้าวของหุ่นยนต์ ส่วนมอเตอร์ตัวที่สามใช้ในการควบคุมชุดปรับการเอนตัวของหุ่นยนต์ ในส่วนนี้ติดตั้งไว้บริเวณเอวอยู่ระหว่างขาทั้งสองข้าง เมื่อหุ่นยนต์ยกขาข้างใดข้างหนึ่งขึ้น ตัวปรับการเอนตัวของหุ่นยนต์ทำงาน มอเตอร์ขับตัวปรับเอนผลักตัวหุ่นยนต์ให้เอนตัวไปยังฝั่งตรงข้ามที่หุ่นยนต์ยกขาตามหลักวัฏจักรการก้าวเดินไปข้างหน้าของมนุษย์ ขาแต่ละข้างจะมีจุดหมุนอยู่สองจุดคือบริเวณเท้าและบริเวณเอวโดยจุดหมุนแต่ละจุดจะติดตั้งสปริงรั้งไว้เพื่อให้เกิดการยืดหยุ่นในแต่ละจุดหมุนอีกทั้งเพื่อให้เกิดการคืนตัวให้หุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งที่สมดุล เมื่อตำแหน่งของจุดหมุนเกิดการเคลื่อนที่ โครงสร้างส่วนใหญ่ของตัวหุ่นยนต์ทำจากไม้เสริมอลูมิเนียมบางส่วนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของตัวหุ่นยนต์ ซึ่งมีราคาถูก น้ำหนักเบา แข็งแรง ง่ายต่อการขึ้นรูป ประกอบ และแก้ไขปรับปรุงโครงสร้าง

ส่วนของการบังคับให้มอเตอร์แต่ละตัวทำงาน เบื้องต้นอาศัยการควบคุมโดยใช้การควบคุมด้วยมือต่อสายโยงออกมาทำเป็นจอยสติก ใช้สวิตช์ตัดต่อรีเลย์ที่บรรจุอยู่ในจอยสติกตัดต่อมอเตอร์ให้ทำงาน โดยมอเตอร์แต่ละตัวจะควบคุมโดยอิสระและมอเตอร์ทุกตัวสามารถหมุนกลับทิศทางได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้าง ทดสอบ พบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ และได้ดำเนินการแก้ไขไปแล้ว ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา ในการสร้างหุ่นยนต์เดินสองขาตัวที่ 1 ใช้อลูมิเนียมในการสร้าง ซึ่งอลูมิเนียมที่ใช้มีราคาค่อนข้างแพง ประกอบกับการขึ้นรูป ประกอบ และแก้ไขปรับปรุงโครงสร้างทำได้ค่อนข้างลำบาก

การแก้ไข เปลี่ยนจากอลูมิเนียมมาเป็นไม้ ซึ่งมีราคาถูกลงมาก อีกทั้งการขึ้นรูป ประกอบ และแก้ไขปรับปรุงโครงสร้างทำได้ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัญหา การขยายขนาดของหุ่นยนต์โดยไม่ขยายขนาดของลูกเบี้ยวตามสัดส่วนจริงทำให้การยืนของหุ่นยนต์ไม่ตรง และการก้าวขาไปข้างหน้าไม่สมบูรณ์

การแก้ไข ขยายขนาดของลูกเบี้ยวให้ได้ตามสัดส่วนของหุ่นยนต์

3. ปัญหา รอบการหมุนของมอเตอร์ไม่เท่ากัน

การแก้ไข วัดรอบการหมุนของมอเตอร์แต่ละตัว เลือกมอเตอร์ที่มีรอบการหมุนใกล้เคียงกัน

4. ปัญหา โครงสร้างของขาไม่แข็งแรง

การแก้ไข ทำขาเสริมอีกหนึ่งชั้น พร้อมกับดามในส่วนที่ทำให้โครงสร้างขาไม่แข็งแรง

5. ปัญหา มอเตอร์มีความยาว ถ้าทำเป็นหุ่นยนต์ตัวเล็ก จะทำให้ขาห่างมาก ยากต่อการปรับสมดุล

การแก้ไข ขยายขนาดให้ช่วงขาของหุ่นยนต์มีความยาวขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาหุ่นยนต์เดินสองขาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในกิจกรรมอื่นๆ

1. พัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถรับใช้และบริการมนุษย์ได้
2. พัฒนาส่วนควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ โดยใช้ตัวควบคุมชนิดอื่นๆ
3. พัฒนาส่วนกลไกและส่วนควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถเดินเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และขึ้นบันไดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สถาพร ลักษณะเจริญ. 2548. **เอกสารประกอบคำบรรยาย : การออกแบบหุ่นยนต์เพื่องานอุตสาหกรรมโดยใช้หลักการทางธรรมชาติ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://biorobots.eng.kmitnb.ac.th/~s/jantalk.pdf.

ฐิติศักดิ์ จันทร์พรม. **เอกสารประกอบคำบรรยาย : การวิเคราะห์และออกแบบอุปกรณ์วัดแรงปฏิกิริยาของหุ่นยนต์ฮิวแมนอยด์.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nectec.or.th/nac2005/documents/20050329_IndustrialElectronics-05_Presentation.pdf

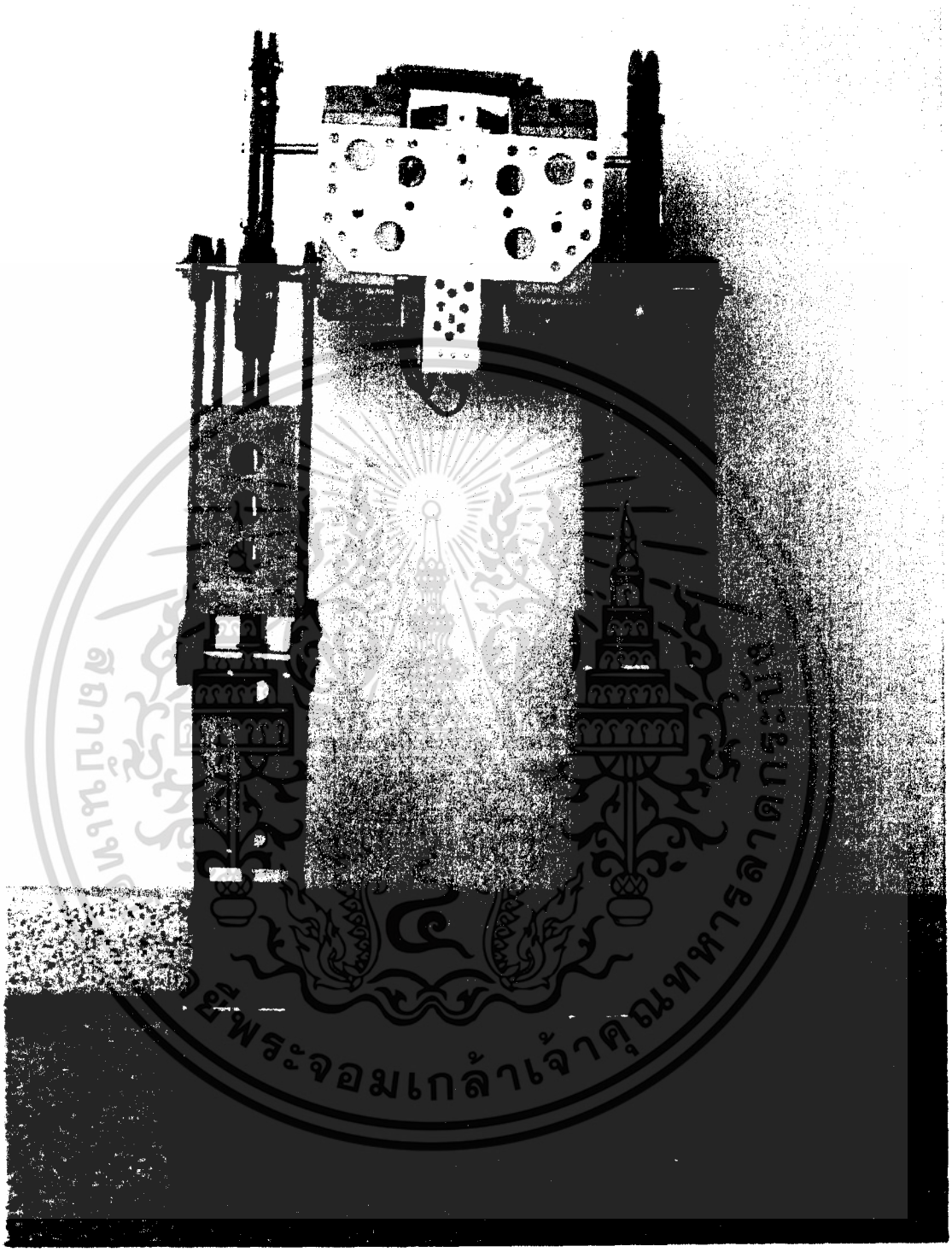
ชิต เหล่าวัฒนา, ฐิติศักดิ์ จันทร์พรม และไพศาล สุวรรณเทพ. **เอกสารประกอบคำบรรยาย : การวิเคราะห์โครงสร้างทางกลและเสถียรภาพของหุ่นยนต์เดินสองขา.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://digital.lib.kmutt.ac.th/journal/kmuttv25n1_3.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

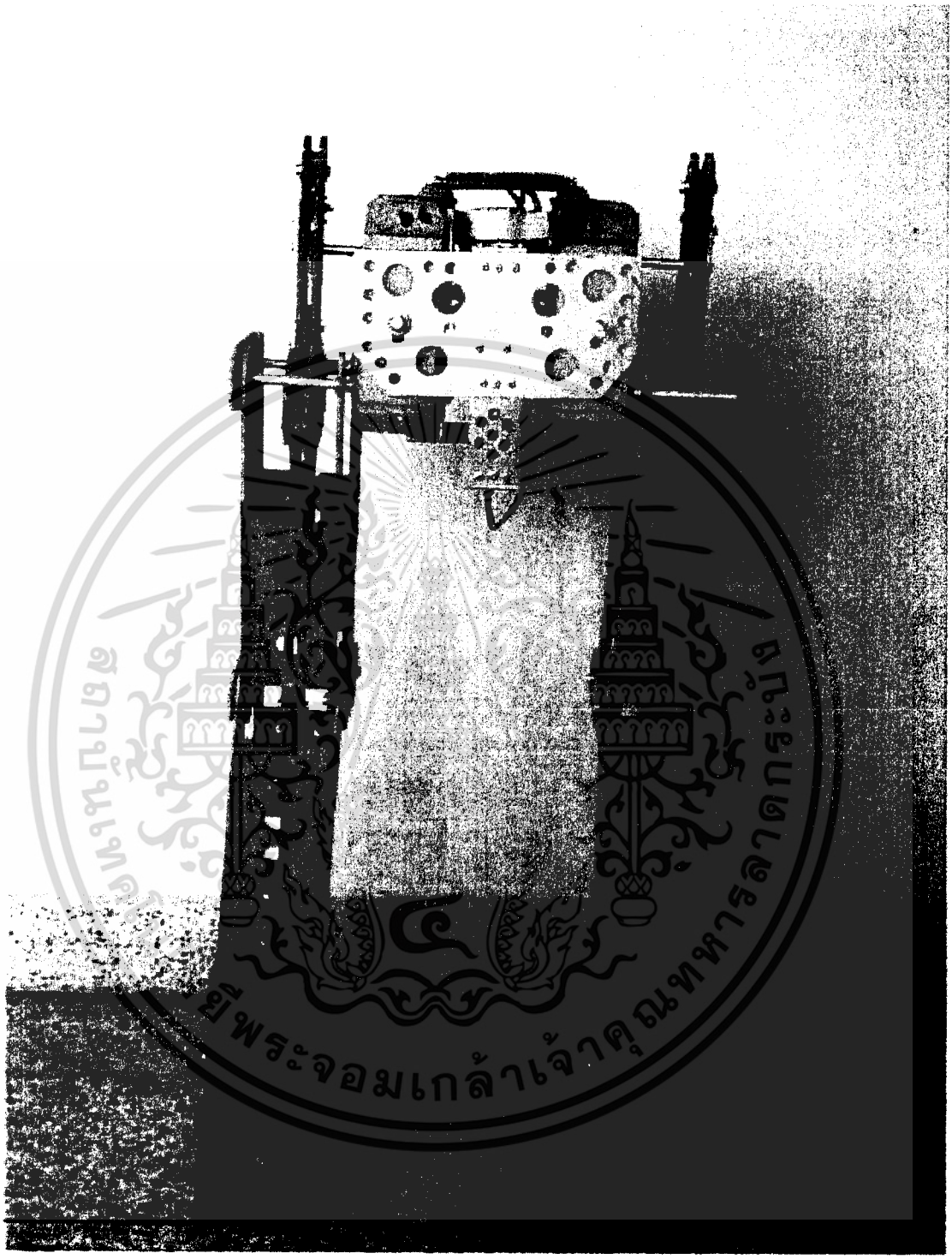
หุ่นยนต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

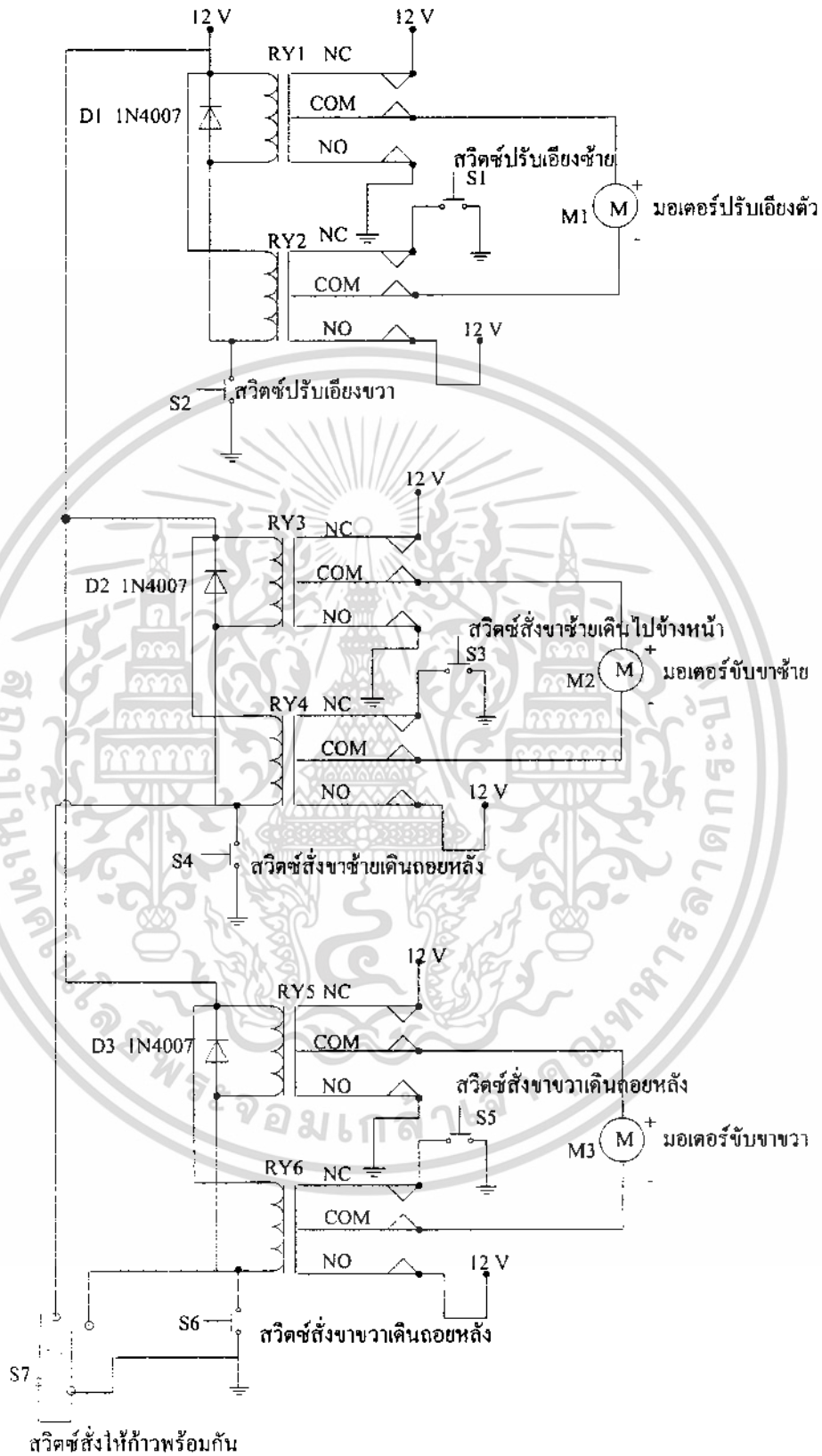
รูปที่ ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์เดินสองขา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
มอเตอร์	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 V DC	3 ตัว
รีเลย์	รีเลย์ ยี่ห้อ HELISHUN แบบ 2 หน้าสัมผัส 2 ชุด (8ขา)	3 ตัว
สวิตช์	ไมโครสวิตช์	6 ตัว
	สวิตช์เพาเวอร์ 2 หน้าสัมผัส	1 ตัว
ไดโอด	1N4007	3 ตัว
แบตเตอรี่	12 VDC 1.3 A	1 ก้อน

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์เดินสองขา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
โครงร่างหุ่นยนต์		
อลูมิเนียม	อลูมิเนียมเส้นฉาก 0.5 นิ้ว ยาว 6 เมตร	1 เส้น
	อลูมิเนียมเส้นแบน กว้าง 1.5 นิ้ว ยาว 6 เมตร หนา 3 มม.	1 เส้น
	อลูมิเนียมเส้นแบน กว้าง 4 นิ้ว ยาว 6 เมตร หนา 3 มม.	1 เส้น
	อลูมิเนียมเส้นแบน กว้าง 4.5 นิ้ว ยาว 6 เมตร หนา 1 มม.	1 เส้น
	อลูมิเนียมเส้นเพลา 8 มม. ยาว 6 เมตร	2 เส้น
	อลูมิเนียมเส้นแบน	2.2 กก.
	อลูมิเนียมกลมตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว หนา 1 นิ้ว	2 ท่อน
ไม้	ไม้อัดขนาด กว้าง 60 ซม. ยาว 80 ซม. หนา 4 มม.	12 แผ่น
ชุดเฟืองและโซ่		
ชุดเฟืองขับเคลื่อนตัวปรับเอน	Øเฟืองต้น = 2.5 ซม. Øเฟืองปลาย = 8 ซม. ระยะห่างจุดศูนย์กลาง = 6 ซม.	1 ชุด
ชุดลูกเบี้ยว		
แกนเหวี่ยงลูกเบี้ยว	ท่อเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. ยาว 9 ซม.	2 ตัว
ลูกเบี้ยว	ลูกเบี้ยว เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 ซม. หนา 1 นิ้ว	2 ตัว
ชุดประกอบตัวหุ่นยนต์		
แหวน	แหวนรอง 8 มม.	100 ตัว
	แหวนตัวอี 8 มม.	100 ตัว
	แหวนตัวอี 10 มม.	7 ตัว
สปริง	สปริงดึง	15 ตัว
กาว	กาวร้อนติดไม้	30 หลอด
	กาวอีพ็อกซี่ (Epoxy) ติดอลูมิเนียม	1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์เดินสองขา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวประกอบอลูมิเนียม	ดอก Rivets ขนาด 1/8 x 3/8 นิ้ว	2 กล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD

1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop
- High surge current capability

DO-41

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ T_A = 75°C				1.0				A
	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave				30				A
	Storage Temperature Range				-55 to +175				°C
	Operating Junction Temperature				-55 to +175				°C

* These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
		50	°C/W
	Typical Thermal Resistance, Junction to Ambient	15	°C/W

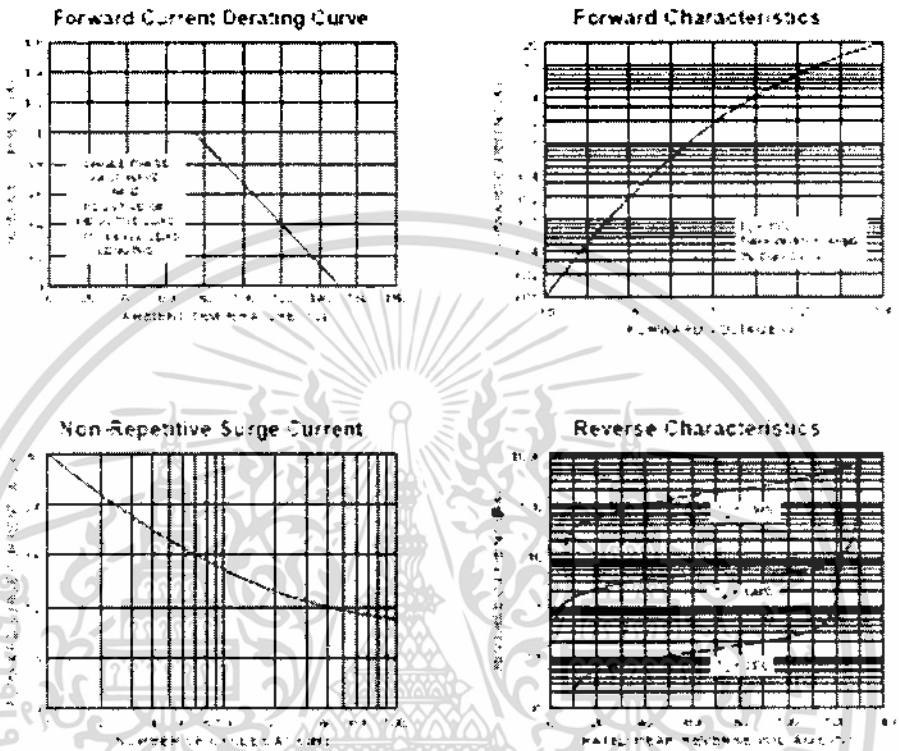
Electrical Characteristics T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
	Forward Voltage @ 1.0 A				1.1				V
	Full Load Reverse Current, Full Cycle, T_A = 75°C				30				μA
	Reverse Current @ rated V_R, T_A = 25°C T_A = 100°C				5.0 500				μA μA
	Total Capacitance, V_R = 4.0 V, f = 1.0 MHz				15				pF

รูปที่ ง.1 คุณสมบัติของไดโอด (Diode) เบอร์ 1N4007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics



รูปที่ ง.2 คุณสมบัติของไดโอด (Diode) เบอร์ 1N4007 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE™	FACT™	ImpliedDisconnect™	PACMAN™	SPM™
ActiveArray™	FACT Quiet Series™	ISOPLANAR™	POP™	Stealth™
Bottomless™	FAST®	LittleFET™	Power247™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FASTr™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	FRFET™	MicroPak™	QFET™	SuperSOT™-8
DOME™	GlobalOptoisolator™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	GTO™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic®
E²CMOS™	HiSeC™	MSXPro™	Quiet Series™	TINYOPTO™
EnSigna™	I²C™	OCX™	RapidConfigure™	UHC™
Across the board. Around the world.™	ImpliedDisconnect™	OCXPro™	RapidConnect™	UltraFET®
The Power Franchise™		OPTOLOGIC®	SILENT SWITCHER®	VCX™
Programmable Active Droop™		OPTOPLANAR™	SMART START™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD DEVELOPMENT OF OUR SERVICES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN. NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

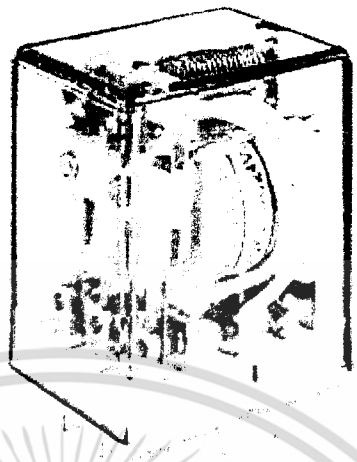
PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

รูปที่ ง.3 ตารางคุณสมบัติของไดโอด (Diode) เบอร์ 1N4007 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Dimension 27.5?21.5?35
Contact Data
Contact Form 2C /3C/4C
Contact Material Ag Alloy
Contact Ratings 5A 240VAC /30VDC
Max Switching Voltage 250VAC/30VDC
Max Switching Current 7A
Max Switching Power 1750VA/210W
Initial Contact Resistance 100mΩ Max
Life Expectancy Electrical 100,000(Rated Load)
Mechanical 10,000,000(No Load)
Coil Data
Rated Voltage 5-48VDC 6-240VAC
Coil Power 0.9W,1.2VA
General Data
Insulation Resistance at 500VDC 100MΩ Min
Dielectric Strength
50-60Hz(1 minute) Between Open Contacts 1000VAC
Between Contacts & Coil 1500VAC
Operate Time 25ms Max
Release Time 25ms Max
Ambient Temperature -40°C to +70°C
Weight Approx 32g
Terminal Type PCB / QUICK
Cross-reference OMRON: MY2
SONG CHUN: SCL8
NAIS HC
ZETTLER: AZ164-168

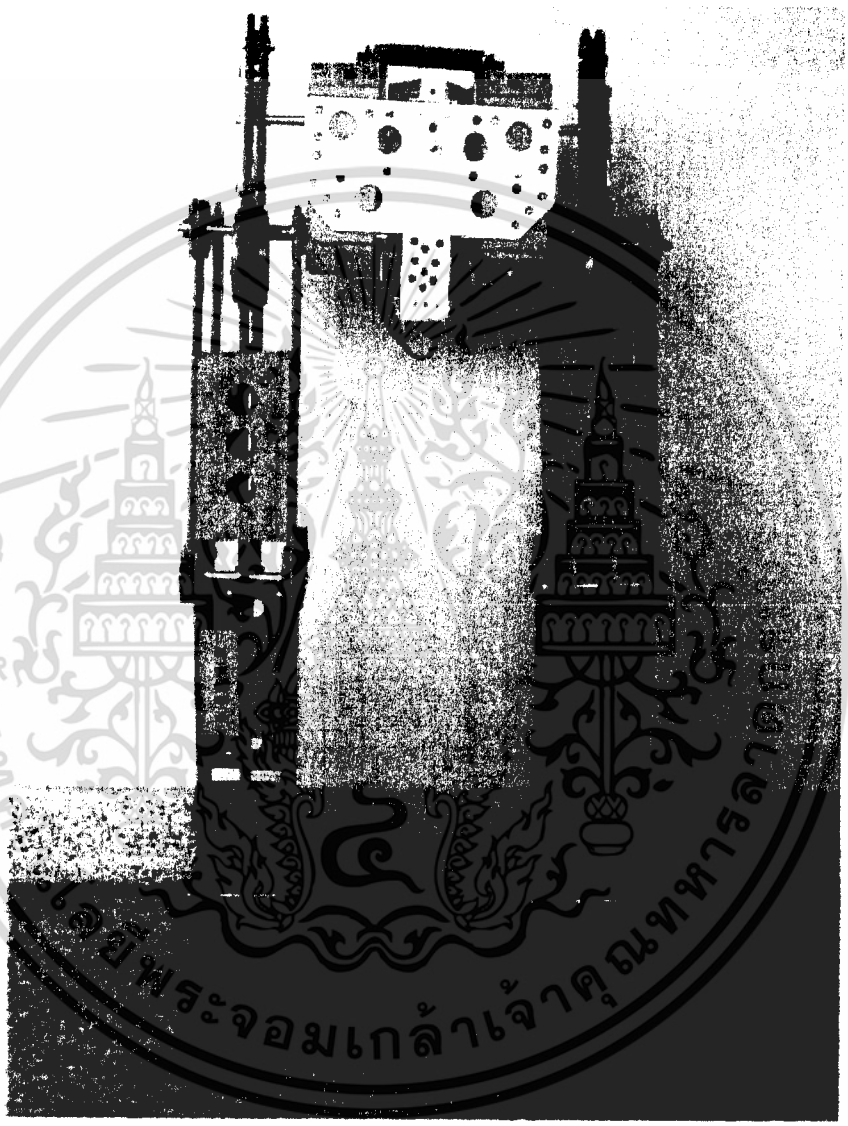
รูปที่ ง.4 คุณสมบัติของรีเลย์ (Relay) รุ่น HLS-4453 (18F) ยี่ห้อ HELISHUN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
หุ่นยนต์เดินสองขา



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

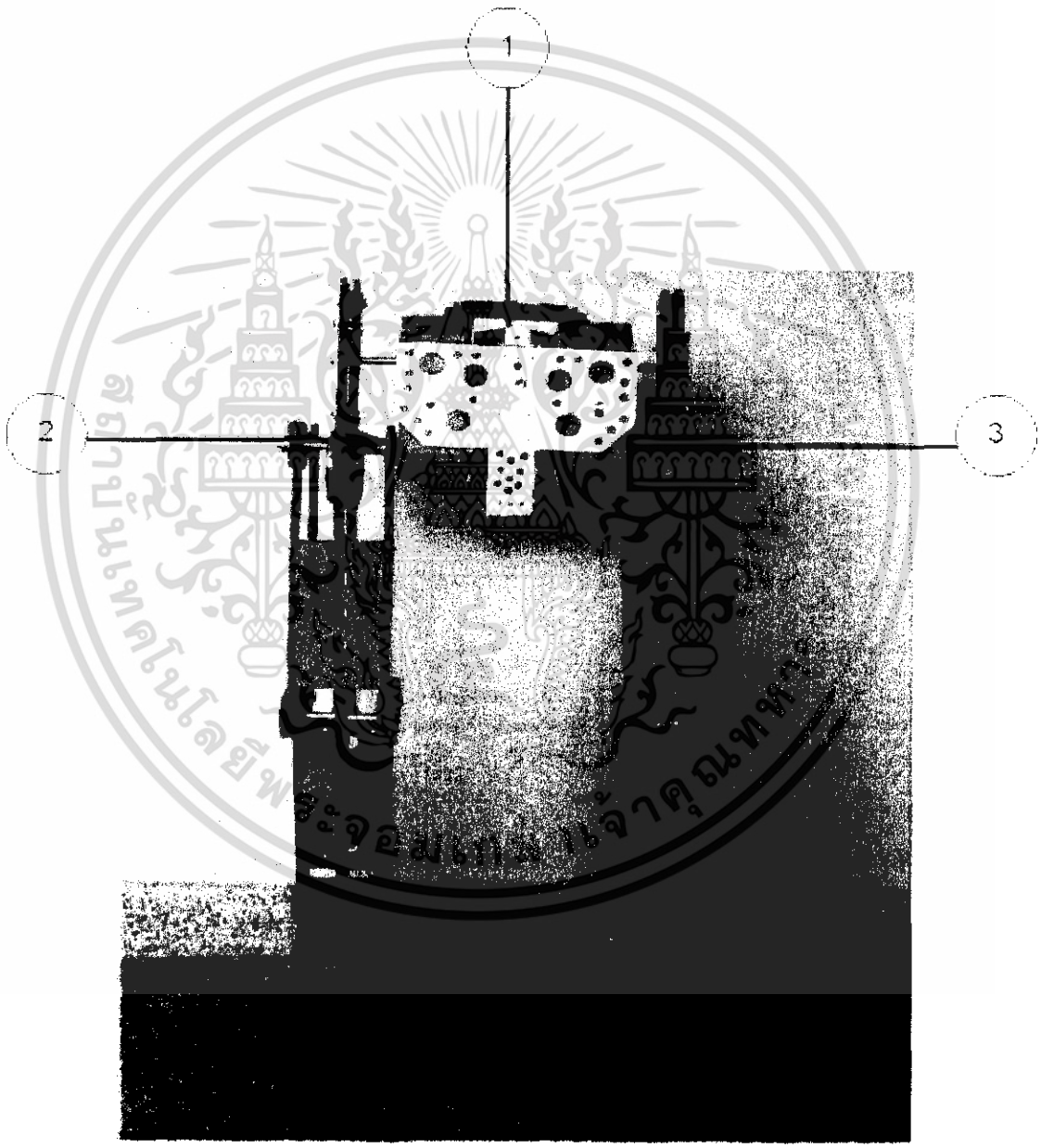
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

การควบคุมหุ่นยนต์เดินสองขา ใช้วิธีการควบคุมด้วยมืออย่างเดียว เพราะฉะนั้นก่อนการใช้งานควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้เข้าใจ ก่อนการใช้งาน

2. ส่วนประกอบและแผงควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์เดินสองขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ส่วนประกอบต่างๆ

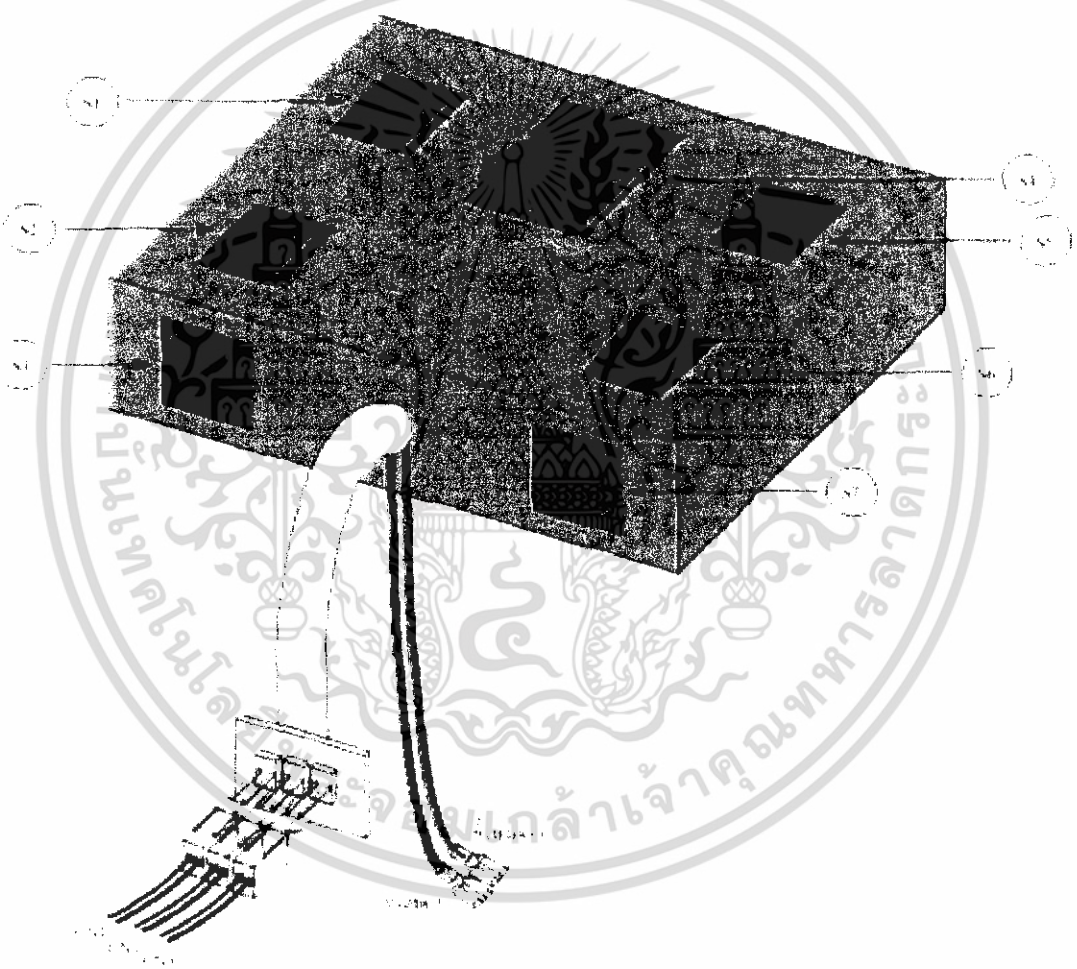
จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียด ดังนี้

(1) ชุดควบคุมการเอียงตัว

(2) ชุดขับขาขวา

(3) ชุดขับขาซ้าย

2.2 แผงควบคุม



รูปที่ จ.2 ชุดควบคุมหุ่นยนต์เดินสองขา

ชุดควบคุมด้วยมือ เป็นส่วนของการสั่งงานให้หุ่นยนต์ก้าวไปข้างหน้า ก้าวมาข้างหลัง และสั่งให้หุ่นยนต์เอียงตัว ควบคุมด้วยสวิตซ์ที่ติดตั้งบนชุดควบคุมด้วยมือ หน้าที่ของสวิตซ์แต่ละตัวมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S1 ควบคุมขาขวา สั่งให้หุ่นยนต์ก้าวมาด้านหลัง

S2 ควบคุมขาขวา สั่งให้หุ่นยนต์ก้าวไปข้างหน้า

S3 ควบคุมการเอียงตัว สั่งให้หุ่นยนต์เอียงตัวไปข้างขวา

S4 ควบคุมขาซ้ายและขาขวา สั่งให้หุ่นยนต์ก้าวไปข้างหน้าพร้อมกัน

S5 ควบคุมขาซ้าย สั่งให้หุ่นยนต์ก้าวไปข้างหลัง

S6 ควบคุมขาซ้าย สั่งให้หุ่นยนต์ก้าวไปข้างหน้า

S7 ควบคุมการเอียงตัว สั่งให้หุ่นยนต์เอียงตัวไปข้างซ้าย

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1 วิธีการใช้งานหุ่นยนต์เดินสองขา

วิธีการใช้งานหุ่นยนต์เดินสองขามีดังต่อไปนี้

1. นำสายมอเตอร์ที่อยู่ติดกับตัวหุ่นยนต์ เสียบกับคอนเนคเตอร์ที่ต่อออกมาจากชุดควบคุมด้วยมือ โดยคอนเนคเตอร์แต่ละตัวจะมีสีแต้มไว้เป็นคู่ๆ เพื่อบอกตำแหน่งการเสียบคอนเนคเตอร์แต่ละคู่ ให้เสียบคอนเนคเตอร์ตามนั้น

2. ต่อแบตเตอรี่กับคอนเนคเตอร์ขั้วบวก (+) และคอนเนคเตอร์ขั้วลบ (-) ตามที่ระบุไว้ในชุดควบคุมด้วยมือ

3. ทดสอบการทำงานของปุ่มแต่ละปุ่มที่ติดตั้งบนชุดควบคุมด้วยมือ ต้องได้ตามที่ระบุไว้ในหน้าที่ของสวิตช์แต่ละตัว

4. การสั่งให้หุ่นยนต์ก้าวไปข้างหน้า ก่อนการสั่งให้หุ่นยนต์ก้าวขาข้างใดข้างหนึ่ง ต้องสั่งให้ชุดเอียงตัวทำงานก่อนตามหลักวัฏจักรการก้าวไปข้างหน้าของมนุษย์ คือ จะให้ก้าวขาซ้ายก็ต้องกด S3 เพื่อให้หุ่นยนต์เอียงตัวมาด้านขวา จะให้ก้าวขาขวาจะต้องกด S7 เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์เอียงตัวมาด้านซ้าย

5. การสั่งให้หุ่นยนต์ยืนตรง กดปุ่ม S3 และ S7 เพื่อให้ชุดเอียงตัวอยู่ระหว่างขาทั้งสองข้างเท่าๆ กัน และกดปุ่มควบคุมขาแต่ละข้างเพื่อให้ได้ตำแหน่งพอดีในการยืน

6. การสั่งให้หุ่นยนต์ก้าวขาทั้งสองข้างไปข้างหน้าพร้อมๆ กันอย่างอัตโนมัติ สามารถทำได้โดยกระดกสวิตช์ S4 ไปอีกด้านหนึ่ง หุ่นยนต์ก็จะก้าวขาทั้งสองข้าง ไปข้างหน้าพร้อมๆ กัน

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อประสบปัญหาในการใช้งานหุ่นยนต์เดินสองขา สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
สวิตช์แต่ละตัวสั่งงานไม่ได้	เกิดจากคอนเนคเตอร์เสียบไม่แน่น ขั้วแบตเตอรี่ไม่แน่นหรือวงจรภายในชุดควบคุมด้วยมือมีปัญหา แก้โดยตรวจสอบคอนเนคเตอร์และขั้วของแบตเตอรี่ พร้อมกับตรวจสอบวงจรภายในชุดควบคุมด้วยมือ
รีเลย์ช็อต (Short)	เกิดจากกระแสไฟฟ้าสูงๆ ไหลผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์เป็นเวลานาน แก้โดยทำการตรวจเช็ครีเลย์ตัวที่เสียหาย พร้อมกับถอดรีเลย์ออกจากถอดชุดควบคุมเพื่อเปลี่ยนรีเลย์ตัวใหม่
การก้าวขาช้าผิดปกติ	แรงดันจากแบตเตอรี่ไม่เพียงพอ แก้โดยชาร์จแบตเตอรี่และตรวจสอบแรงแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 ข้อควรระวังในการใช้งาน

ข้อควรระวังในการใช้งานมีดังต่อไปนี้

1. เสียบสายคอนเนคเตอร์ให้ถูกคู่ตามสีที่แต้มไว้ เพราะถ้าเสียบผิดจะทำให้การควบคุมในแต่ละสวิตช์คลาดเคลื่อนไป ไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในหน้าที่แต่ละสวิตช์ แต่ไม่ได้มีผลเสียอะไรกับวงจร
2. เสียบแบตเตอรี่ให้ถูกขั้ว โดยยึดมาตรฐานสายสีแดงต่อขั้วบวก สายสีดำต่อขั้วลบ

5.2 การดูแลรักษา

วิธีการดูแลรักษามีดังต่อไปนี้

1. เมื่อเลิกใช้งานควรถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้ง
2. เช็ดทำความสะอาดตัวหุ่นยนต์ด้วยแปรงปัดฝุ่น
3. ตรวจสอบความแน่นของแหวนรอง แหวนล็อค สายไฟทุกเส้น และอุปกรณ์ทุกชิ้นให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ
4. เคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรให้หุ่นยนต์ตก หรือกระแทกแรงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ขนาดของตัวหุ่นยนต์สองขา	ความสูง 90 เซนติเมตร ความกว้างของตัวหุ่นยนต์ 42 เซนติเมตร ความกว้างระหว่างขาทั้งสองข้าง 20 เซนติเมตร น้ำหนัก 20 กิโลกรัม
ความเร็วในการเดิน	2 เมตรต่อนาที
ส่วนควบคุมที่ใช้	ใช้การควบคุมด้วยมือ
แหล่งพลังงาน	แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 1.2 แอมแปร์ 1 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายบุญเจตน์ แจ่มจันทร์
วัน เดือน ปีเกิด	9 มกราคม พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	93 ม. 9 ต.ลำโรง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000
	โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-5045-9534
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านประสิทธิ์ธนู อ.เมือง จ.สุรินทร์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุรพินท์พิทยา อ.ลำดวน จ.สุรินทร์ 32220
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยสารพัดช่างสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คติพจน์	การศึกษาคือสิ่งที่ดีที่สุดสำหรับชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุล	นายพิษณุ หวังใจ
วัน เดือน ปีเกิด	27 สิงหาคม พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	67/1 ม.6 ต.ช่อแฮ อ. เมือง จ.แพร่ 54000
	โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-6536-6291
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านในอินทราษฎ์บำรุง อ.เมือง จ.แพร่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเมืองแพร่ อ.เมือง จ.แพร่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคแพร่ อ.เมือง จ.แพร่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคแพร่ อ.เมือง จ.แพร่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุล	นายอัมรินทร์ วิลัยศรี
วัน เดือน ปีเกิด	27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	84 ม. 9 ต.ศาลเจ้าโรงทอง อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง 14110
	โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-6705-5186
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอมราวิทยาภูมิ อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง 14110
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอมราวิทยาภูมิ อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง 14110
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง อ.เมือง จ.อ่างทอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง อ.เมือง จ.อ่างทอง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คติพจน์	คนเก่ง เก่งไม่เท่าคนขยัน พรสวรรค์นั้นไม่เท่าพรแสวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุล นายมงคล คืนคาย

วัน เดือน ปีเกิด 17 สิงหาคม พ.ศ. 2526

ภูมิลำเนา 475/1 ม.8 ต.สูงเม่น อ.สูงเม่น จ.แพร่ 54130

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-6673-1368

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดศรีสว่าง อ.สูงเม่น จ.แพร่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์ อ.สูงเม่น จ.แพร่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50120
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คติพจน์ ไม่มีใครอยู่เพื่ออดีต แต่อดีตเป็นครูคอยเตือนเพื่ออนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้