



การออกแบบคอมพิวเตอร์ควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน

Computer Based and Controller Design of 4 Axis Robot

นายณัฐพันธ์	จวบมี	รหัส 45362761
นายมานัส	สายน้ำ	รหัส 45363041
นายวรพงษ์	อร่ามดิลกรัตน์	รหัส 45363082
นายอุดมศักดิ์	ชูแสงเพชร	รหัส 45363249

วันที่พิมพ์	5 เม.ย. 2553
เลขที่พิมพ์	14995570
พิมพ์ที่	ฟ.ร.
เลขที่พิมพ์	11528

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2548



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	การออกแบบคอมพิวเตอร์ควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณัฐพันธ์	จวบมี	รหัส 45362761
	นายมานัส	สายน้ำ	รหัส 45363041
	นายวรพงษ์	อร่ามคิลกรัตน์	รหัส 45363082
	นายอุดมศักดิ์	ชูแสงเพชร	รหัส 45363249
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อ. พันธ์ นัลฤทธิ		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2548		

.....
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
 การศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
 (ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

.....กรรมการ
 (อ. พันธ์ นัลฤทธิ)

.....กรรมการ
 (ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

.....กรรมการ
 (ดร. อัครพันธ์ วงศ์กั้งแห)

หัวข้อโครงการ	การออกแบบคอมพิวเตอร์ควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณัฐพันธ์ จวบมี		รหัส 45362761
	นายมานัส สายน้ำ		รหัส 45363041
	นายวรพงษ์ อร่ามคิดกรัตน์		รหัส 45363082
	นายอุดมศักดิ์ ชูแสงเพชร		รหัส 45363249
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อ. พันธ์ นัถฤทธิ์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2548		

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอ การออกแบบระบบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน โดยใช้โปรแกรมภาษาวิซวลเบสิกในการติดต่อกับผู้ใช้งาน การควบคุมหุ่นยนต์แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ การติดต่อกับผู้ใช้งานซึ่งสร้างโดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกและการควบคุมแขนกลซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม ระบบขับเคลื่อนจะใช้สเต็ปมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการนี้คือ ระบบหุ่นยนต์ระบบหนึ่งซึ่งสามารถจับวัตถุได้ โดยที่ผู้ใช้เป็นผู้ป้อนค่าตำแหน่งมุมของหุ่นยนต์แขนกลให้กับระบบ

Project title Computer Based and Controller Design of 4 Axis Robot

Name Mr. Nattapunt Jurbmee ID.45362761
Mr. Manus Sainam ID.45363041
Mr. Worapong Aramdilokrat ID.45363082
Mr. Udomsak Chusangphek ID.45363249

Project advisor Dr. Somyot Kiattivanichvilai

Co-Project advisor Mr.Panus Nattharith

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2005

.....

ABSTRACT

This project presents a forward kinematics controller for an 4-axis robot arm. The controller is consists of a user interface module and a motor drive module. The user interface module is developed by using Visual Basic program and the motor driver module is a microprocessor control system (MCS-51). The result of this project is an 4-axis robot arm system. The robot is able to catch an object with link angle parameters provided by human.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยช่วยเหลือจากหลายๆ ท่านด้วยกัน ผู้จัดทำขอถือโอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการสอบโครงการงานทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์อย่างสูงในการทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี อาจารย์อนันตชัย นัยจิตร ซึ่งได้ให้ความช่วยในด้านอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนคำปรึกษาชี้แนะแนวทางต่างๆ เกี่ยวกับการทำโครงการนี้เป็นอย่างสูง

ท้ายนี้ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมา

คณะผู้จัดทำโครงการ



สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิจัย	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 งบประมาณที่ใช้	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทํางาน	
2.1 ทฤษฎีของหุ่นยนต์แขนกล	4
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	7
2.3 การคำนวณการเคลื่อนไหวของแขนกล	7
2.4 หลักการทํางานของแขนกลในโครงการ	19
2.5 สเต็ปปีจิ่งมอเตอร์	20
2.6 การขับสเต็ปปีจิ่งมอเตอร์	22
2.7 เซอร์โวมอเตอร์	24
2.8 หลักการทํางานของมอเตอร์	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แขนกล	
3.1 โครงสร้างการทำงานควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน	27
3.2 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง และทำการทดลอง	
4.1 โครงสร้างของแขนกล	33
4.2 การควบคุมหุ่นยนต์แขนกล	34
4.3 การทดสอบจับวัตถุของหุ่นยนต์แขนกล	34
4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนมุมของหุ่นยนต์แขนกล	35
4.5 กราฟสัญญาณที่ได้จากการจับสแตมป์มอเตอร์	36
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์โครงการ	
5.1 สรุปผลทดลอง	37
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	37
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	38
เอกสารอ้างอิง	39
ประวัติผู้เขียน โครงการ	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าที่ได้จากหุ่นยนต์ในโรงงาน	16
2.2	ลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นวงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบ 1 เฟส	23
2.3	ลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นวงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบ 2 เฟส	23
2.4	ลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นวงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบ ฮาล์ฟสเต็ป	23
4.1	ค่ามุมคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ในหุ่นยนต์แขนกล	35



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์แขนกลในอุตสาหกรรม	4
2.2	ข้อต่อของแขนกลแบบต่างๆ	5
2.3	หุ่นยนต์แขนกลใช้ในการไขสกรู	6
2.4	กำหนดตำแหน่งและทิศทางของวัตถุ	7
2.5	โครงสร้างของระบบพิกัดทั่วไปที่สัมพันธ์กับระบบอ้างอิง	7
2.6	การหมุนจาก {A} ไป {B} จะเป็นการแสดงวัตถุที่มีทิศทางตามที่กำหนด	8
2.7	การหมุนจาก {A} ไป {B} รอบแกน Z ด้วยมุม θ	8
2.8	การหมุนจากแกน {A} ไป {B} รอบแกน Y ด้วยมุม θ	9
2.9	การหมุนจาก {A} ไป {B} รอบแกน X ด้วยมุม θ	10
2.10	เมื่อวัตถุมีการเลื่อนและหมุนตำแหน่ง	12
2.11	สมการ ${}^A P = {}^A P_{ORG} + {}^B P$ ในการคำนวณเมื่อไม่มีการหมุน	12
2.12	สมการ ${}^A P = {}^A P_{ORG} + {}^B P$ ในการคำนวณเมื่อมีการหมุน	13
2.13	หุ่นยนต์แขนกลมีหลายแกน	14
2.14	องค์ประกอบ โครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว	14
2.15	องค์ประกอบ โครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลในโรงงาน	16
2.16	แสดงผังขั้นตอนการควบคุมแขนกลสำหรับโรงงาน	19
2.17	สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น	20
2.18	สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น	20
2.19	สเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์	21
2.20	โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	21
2.21	สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 มิลลิเซค (ms)	24
2.22	สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 มิลลิเซค (ms)	24
2.23	สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 มิลลิเซค (ms)	25
2.24	การป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 1 มิลลิเซค(ms)	25
2.25	การป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 2 มิลลิเซค(ms)	25
2.26	การป้อนสัญญาณพัลส์ลอจิก “0” หรือ “1”	26

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
3.1	แสดงโครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์แบบ 4 แกน	27
3.2	โครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล	28
3.3	ฐานล่างของหุ่นยนต์แขนกล	29
3.4	ฐานยึดแขนท่อนที่และแขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 1	29
3.5	แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 2	30
3.6	แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 3	30
3.7	บอร์ดวงจรควบคุมหุ่นยนต์แขนกล	31
3.8	วงจรคาร์ริงตัน	32
4.1	โครงสร้างของแขนกล	33
4.2	หน้าตาของ โปรแกรมวิซวลเบสิกที่ใช้ป้อนค่ามุมเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์	34
4.3	การทดสอบการจับวัตถุของหุ่นยนต์แขนกล	34
4.4	กราฟสัญญาณที่วัดได้ของสเต็ปปีงมอเตอร์	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์นั้นได้เจริญก้าวหน้าไปมาก แตกต่างจากสมัยก่อนซึ่งหุ่นยนต์จะถูกนำไปใช้เฉพาะในงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์ไปใช้งานอื่นๆมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ให้ได้ในชีวิตประจำวัน

ในทางอุตสาหกรรมการผลิตได้หันมาให้ความสนใจกับระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์เป็นอย่างมาก ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ ในวงการอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์และชิ้นส่วนของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น หุ่นยนต์เป็นที่นิยมมากเนื่องจากเหตุผลหลายประการอันได้แก่ ความสามารถของหุ่นยนต์ที่ทำงานได้แม่นยำกว่าถูกต้องกว่ามนุษย์ อีกประการคือ หุ่นยนต์สามารถทำงานในสภาพที่เสี่ยงอันตรายที่จะเกิดกับมนุษย์ได้ รวมทั้งหุ่นยนต์มีความคล่องตัวกว่าในสายการผลิตเพราะอุตสาหกรรมเหล่านั้นต้องอาศัยทั้งความแม่นยำและความรวดเร็วในการประกอบเป็นการลดต้นทุน ลดของเสียจากการผลิต

ดังนั้นโครงการนี้จึงได้มีการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน โดยใช้โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลเพื่อศึกษาและทดลองสร้างระบบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอัตโนมัติทำให้เกิดความเข้าใจและเป็นพื้นฐานในการควบคุมแขนกลรวมไปถึงระบบอัตโนมัติอื่นๆได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาต้นแบบของหุ่นยนต์แขนกล
- 1.2.2 เพื่อศึกษาฟอร์เวิร์ดคิเนมาติกส์ ของหุ่นยนต์ (Forward Kinematics) แบบแขนกล
- 1.2.3 เพื่อศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์ และการนำไปใช้ในการควบคุม
- 1.2.4 เพื่อศึกษาและพัฒนาโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกล สเต็ปปีงมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

ทำการศึกษาทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ และการนำไปใช้ในการควบคุมสเต็ปปีงมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์ รวมทั้งศึกษาเกี่ยวกับฟอร์เวิร์ดคิเนเมติกส์เพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกล การออกแบบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แขนกล และออกแบบจัดทำหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน โดยใช้สเต็ปปีงมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์และการนำไปใช้
- 1.4.2 ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมควบคุม สเต็ปปีงมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์
- 1.4.3 ศึกษาวงจรอินเตอร์เฟส (Interface circuit)
- 1.4.4 ศึกษาและพัฒนาโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล
- 1.4.5 ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกล
- 1.4.6 วิเคราะห์ แก้ไข และสรุปผลโครงการ



1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2547			ปี 2548									
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	←	→											
2. ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมควบคุมสเต็ปมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์			←	→									
3. ศึกษา ฟอร์เวิร์ด คิเนแมติกส์					←	→							
4. ศึกษาวงจรอินเตอร์เฟส								←	→				
5. ศึกษาและพัฒนาโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล								←	→				
6. ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกล									←	→			
7. วิเคราะห์ แก๊ซ และสรุปผลโครงการ											←	→	

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 มีความเข้าใจในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ สเต็ปมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ และมีความรู้เกี่ยวกับฟอร์เวิร์ดคิเนแมติกส์
- 1.6.2 สามารถออกแบบโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลได้
- 1.6.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและประยุกต์การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมอื่นๆ ในการนำไปใช้งานได้

1.7 งบประมาณที่ต้องใช้

ค่าวัสดุและอุปกรณ์ 4,000 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีของหุ่นยนต์แขนกล [1]

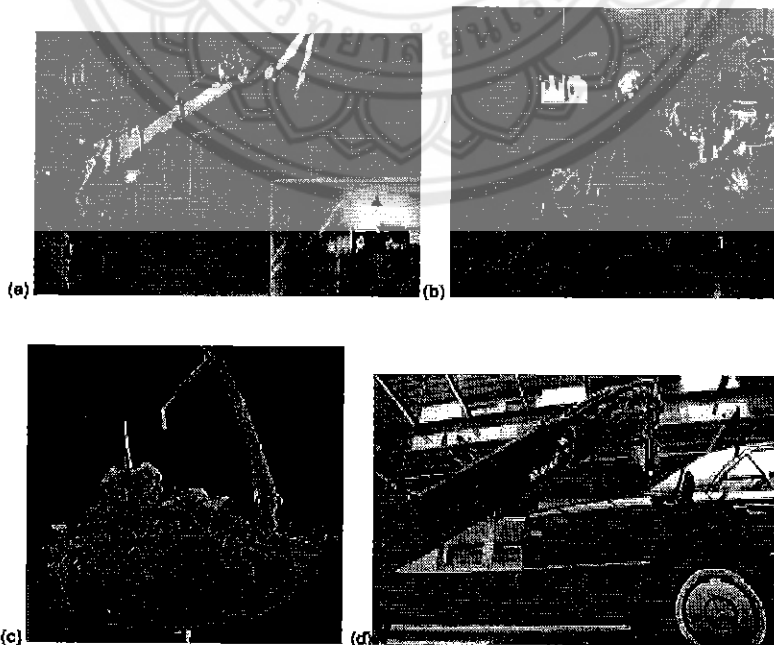
หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatics Machine) หรือกึ่งอัตโนมัติ (Semi automatics Machine) และสามารถโปรแกรมให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างได้

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ เครื่องจักรกลที่สามารถทำการโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้ง สามารถทำงานได้หลาย ๆ หน้าที่ ซึ่งมันได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถหยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษต่างๆ โดยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน ให้ทำงานได้ตามต้องการ

ประเภทของหุ่นยนต์ สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

ประเภทแรก คือ หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Robot) ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นแขนกล สามารถเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อ ภายในตัวเองเท่านั้น ส่วนมากมักถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานที่ต้องใช้แขนกลเคลื่อนย้ายวัสดุหนักๆ หรือใช้แขนกลกับงานที่ต้องการความละเอียดแม่นยำ ดังในรูปที่ 2.1

ประเภทที่สอง คือ หุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้จะสามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง บ้างก็เคลื่อนที่โดยการใช้อล้อหรือบางแบบก็เคลื่อนที่โดยการไถ

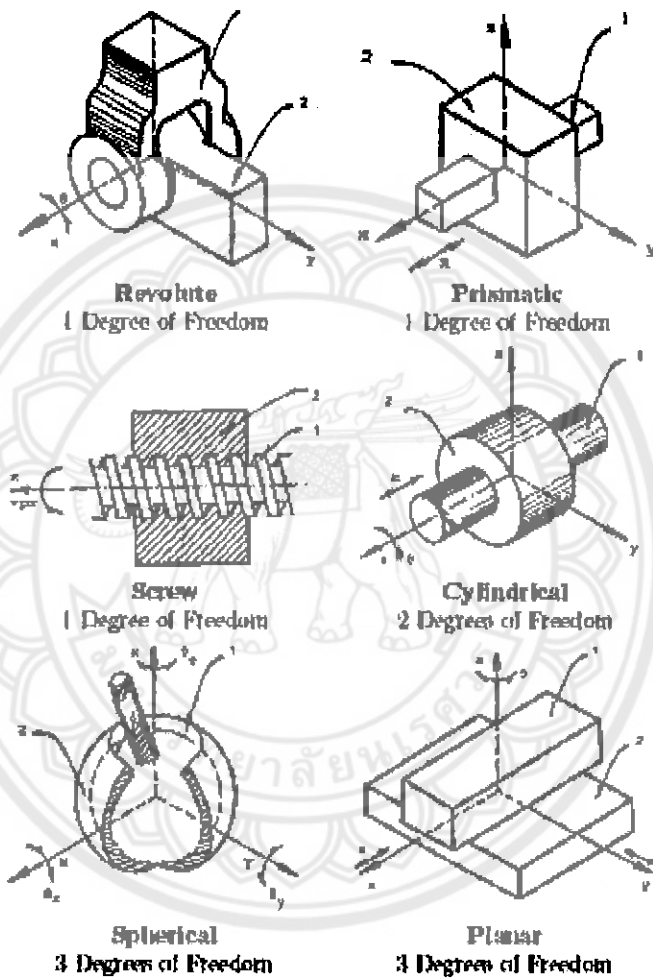


รูปที่ 2.1 การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์แขนกลในอุตสาหกรรม[1]

โครงสร้างโดยทั่วไปของหุ่นยนต์แขนกลจะประกอบไปด้วย

2.1.1 ข้อต่อ

แขนกลคือหุ่นยนต์ที่ประกอบไปด้วยท่อนแขน (link) ที่นำมาประกอบด้วยข้อต่อ (joint) ข้อต่อมีหลายแบบ แต่ละแบบก็จะอนุญาตให้เกิดการเคลื่อนที่ของท่อนแขนที่แตกต่างกันไป รูปที่ 2.2 แสดงข้อต่อแบบต่างๆ ที่นิยมใช้

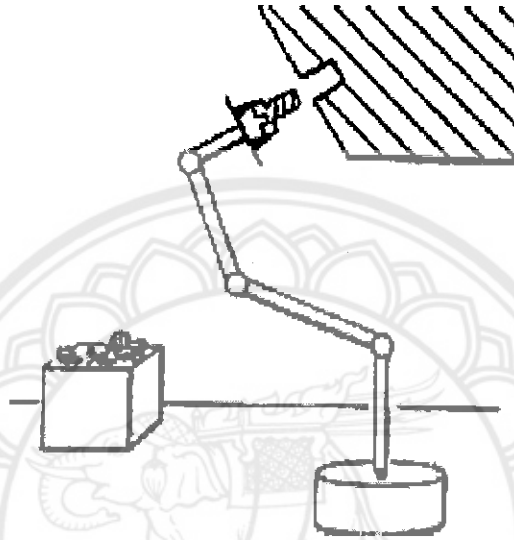


รูปที่ 2.2 ข้อต่อของแขนกลแบบต่างๆ[1]

ในการสร้างแขนกลโดยทั่วไป ข้อต่อที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ข้อต่อแบบหมุน (revolute joint) และข้อต่อแบบเลื่อน (prismatic joint) สำหรับข้อต่อแบบหมุน ท่อนแขนสองท่อนถูกยึดติดกันที่จุดหมุนซึ่งอยู่บนท่อนแขน โดยแต่ละท่อนสามารถหมุนได้รอบจุดหมุนนี้ เราสามารถบอกตำแหน่งของสองท่อนแขนที่สัมพันธ์กันด้วยมุมที่ท่อนแขนหมุนไป ส่วนข้อต่อแบบเลื่อนนั้น ท่อนแขนสองท่อนติดอยู่ด้วยกันในลักษณะเดียวกันกับอากาศวิหุรยณต์ที่ยึดหดได้ โดยท่อนแขนแต่ละท่อนสามารถเลื่อนเข้าออกได้ในหนึ่งทิศทาง เราสามารถระบุตำแหน่งที่สัมพันธ์กันของสองท่อนแขนได้จากระยะเลื่อนเข้า

ออก ข้อต่อทั้งสองแบบนี้ถูกใช้มากที่สุดในการสร้างแขนกล โดยแขนกลที่มีมุมอิสระ (Degree of Freedom) สูงๆ สามารถสร้างขึ้นได้โดยการประกอบท่อนแขนหลายท่อนด้วยข้อต่อสองแบบนี้

แขนกลทำงานด้วยการเคลื่อนที่ของท่อนแขนที่สัมพันธ์กันเพื่อให้ปลายแขน (end effector) ไปได้ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม เพื่อเครื่องมือที่ติดอยู่ที่ปลายแขนจะได้ทำงานที่ต้องการได้ โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างในรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องจัดการให้ปลายแขนอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม



รูปที่ 2.3 หุ่นยนต์แขนกลใช้ในการไขสกรู[1]

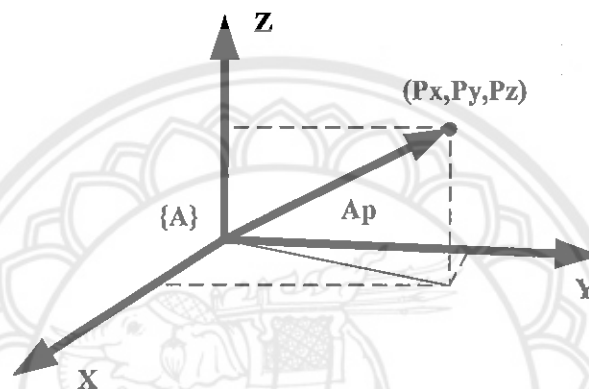
การคำนวณว่าปลายแขนจะอยู่ในตำแหน่งและทิศทางใดจึงเป็นเรื่องเป็นเรื่องสำคัญ การคำนวณดังกล่าวอาศัยการกำหนดให้ท่อนแขนแต่ละท่อนมีพิกัดส่วนตัว ที่เรียกว่าเฟรม เฟรมประกอบไปด้วยจุดกำเนิดและเวกเตอร์แกน โดยเฟรมที่กล่าวถึงจะอยู่ติดแน่นกับท่อนแขนใดๆ หรืออีกนัยหนึ่งคือแต่ละท่อนแขนจะหยุดนิ่งไม่ขยับเขยื้อนเมื่อเทียบกับเฟรมของมัน สำหรับท่อนแขนที่เกิดจากการเรียงต่อกันไป เรานิยมเรียกท่อนแขนที่อยู่ข้างยึดติดกับพื้นว่า ฐาน (base) และเรียกท่อนถัดมาตามชื่อส่วนของแขนว่า ไหล่ (shoulder) ข้อศอก (elbow) แขนท่อนบน (forearm) และข้อมือ (wrist) เป็นต้น ตำแหน่งและทิศทางการวางตัวของท่อนแขนหนึ่งๆ เมื่อเทียบกับเฟรมของฐานจึงขึ้นอยู่กับตำแหน่งและทิศทางของท่อนแขนต่างๆด้วย เราสามารถคำนวณตำแหน่งและทิศทางของปลายแขนได้ด้วยการใช้การแปลงเอกพันธ์ (Homogenous Transform) โดยทำการคูณเมทริกซ์การแปลงแบบซ้ายไปขวาพิจารณาจากฐานไปจนถึงปลายแขน

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51)

สำหรับส่วนควบคุมระดับล่างจะออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในโครงการนี้จะออกแบบตัวควบคุมสแต็ปมอเตอร์และเซอร์โวมอเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

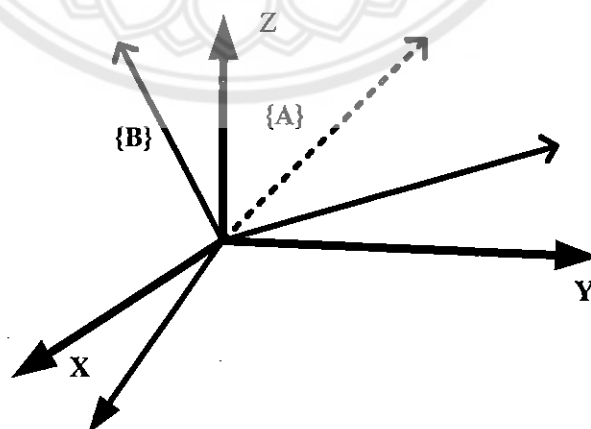
2.3 การคำนวณหาการเคลื่อนไหวกของแขนกล (Forward Kinematics of Manipulator) [11]

เป็นการคำนวณเกี่ยวกับการเรียงตัว ตำแหน่ง ทิศทาง และการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เหล่านี้ของโครงสร้างโดยไม่คำนึงถึงแรงต้นเหตุ จลนศาสตร์ทางตรงของแขนกลว่าด้วยการคำนวณตำแหน่งในพิกัดที่ถือว่าหุคหนึ่งของจุดบนแขนกลที่กำหนดให้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กำหนดตำแหน่งและทิศทางของวัตถุ[2]

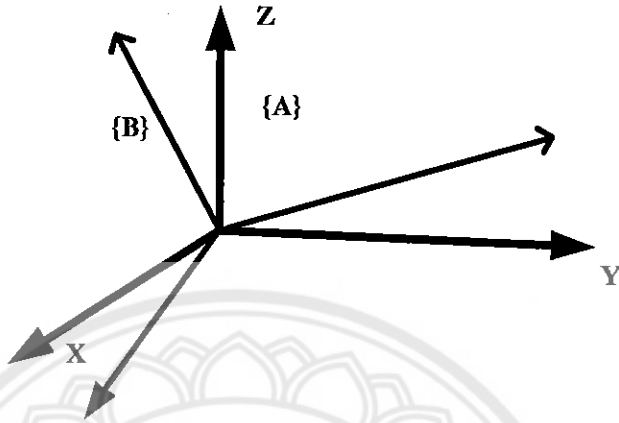
ส่วนโอเรียนเตชันของวัตถุ จะพิจารณาโดย โครงสร้างของระบบพิกัดทั่วไปที่สัมพันธ์ กับวัตถุ ในรูปของเวกเตอร์ 1 หน่วย ซึ่งจะอ้างอิงไปที่โครงสร้างระบบอ้างอิง



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของระบบพิกัดทั่วไปที่สัมพันธ์กับระบบอ้างอิง[2]

เมตริกซ์การหมุน (Rotation Matrix) [5,11]

เป็นเมตริกซ์การหมุน ${}^A R_B$ ซึ่งเป็นเมตริกซ์มุมฉาก 3×3 โดยมีแกน แกน X ,Y ,Z ซึ่งเป็นเวกเตอร์ 1 หน่วย การหมุนจาก {A} ไป {B} จะเป็นการแสดงวัตถุที่มีทิศทางตามที่กำหนด โดยการหมุนของ {B} โดยอ้างอิงจาก {A}

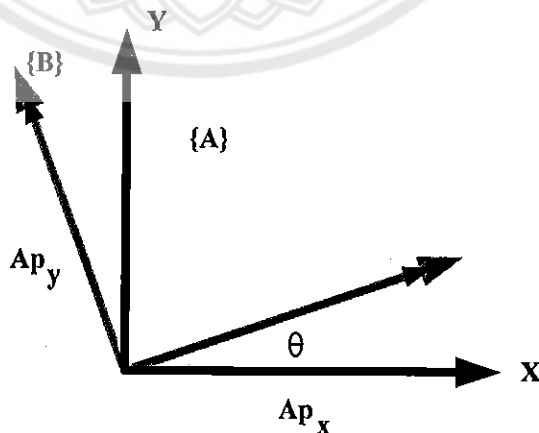


รูปที่ 2.6 การหมุนจาก {A} ไป {B} จะเป็นการแสดงวัตถุที่มีทิศทางตามที่กำหนด[2]

ให้ ${}^B P_X, {}^B P_Y, {}^B P_Z$ คือพิกัดตำแหน่งของวัตถุอ้างอิงซึ่งเป็นเวกเตอร์ 1 หน่วย ในระนาบแกน X ,Y,Z ตามลำดับ โดยเทียบกับแกนในระบบพิกัดของ {B}

ให้ ${}^A P_X, {}^A P_Y, {}^A P_Z$ คือพิกัดตำแหน่งของวัตถุอ้างอิงซึ่งเป็นเวกเตอร์ 1 หน่วย ในระนาบแกน X ,Y,Z ตามลำดับ โดยเทียบกับแกนในระบบพิกัดของ {A}

การหมุนจาก {A} ไป {B} รอบแกน Z ด้วยมุม θ



รูปที่ 2.7 การหมุนจาก {A} ไป {B} รอบแกน Z ด้วยมุม θ [2]

กำหนดให้

$${}^B P_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_x = \begin{bmatrix} \cos(\theta) \\ \sin(\theta) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.1]}$$

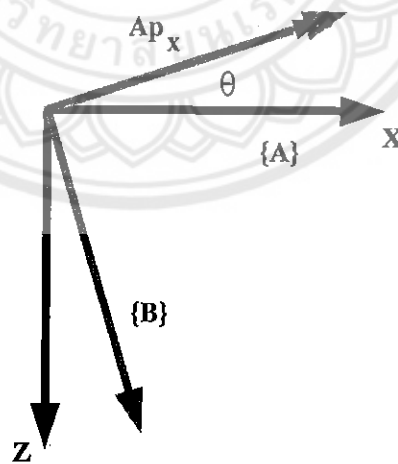
$${}^B P_y = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_y = \begin{bmatrix} -\sin(\theta) \\ \cos(\theta) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.2]}$$

$${}^B P_z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.3]}$$

จากสมการดังกล่าว เป็นการแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของระบบพิกัด {B} โดยเทียบมาจากระบบพิกัดอ้างอิง {A} ซึ่งเป็นการหมุนรอบแกน Z เป็นมุม θ โดยค่าที่เทียบกับแกน Z นั้นจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้เมตริกซ์การหมุนรอบแกน Z เป็น

$$\text{Rot}(Z, \theta) = {}^A R_B = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.4]}$$

การหมุนจากแกน {A} ไป {B} รอบแกน Y ด้วยมุม θ



รูปที่ 2.8 การหมุนจากแกน {A} ไป {B} รอบแกน Y ด้วยมุม θ [2]

กำหนดให้

$${}^B P_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_x = \begin{bmatrix} \cos(\theta) \\ 0 \\ -\sin(\theta) \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.5]}$$

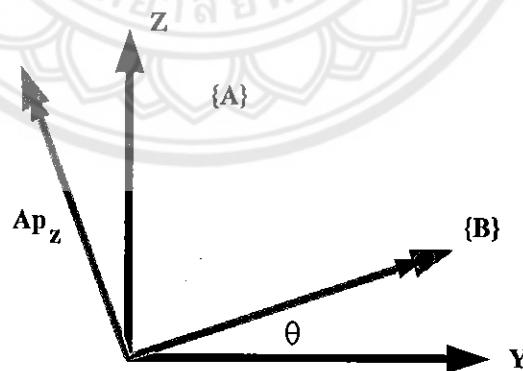
$${}^B P_y = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_y = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.6]}$$

$${}^B P_z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_z = \begin{bmatrix} \sin(\theta) \\ 0 \\ \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.7]}$$

จากสมการดังกล่าว เป็นการแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของระบบพิกัด {B} โดยเทียบมาจากระบบพิกัดอ้างอิง {A} ซึ่งเป็นการหมุนรอบแกน Y เป็นมุม θ โดยค่าที่เทียบกับแกน Y นั้นจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้เมตริกซ์การหมุนรอบแกน Y เป็น

$$\text{Rot}(y, \theta) = {}^A R_B = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.8]}$$

การหมุนจาก {A} ไป {B} รอบแกน X ด้วยมุม θ



รูปที่ 2.9 การหมุนจาก {A} ไป {B} รอบแกน X ด้วยมุม θ [2]

กำหนดให้

$${}^B P_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.9]}$$

$${}^B P_y = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_y = \begin{bmatrix} 0 \\ \cos(\theta) \\ \sin(\theta) \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.10]}$$

$${}^B P_z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow {}^A P_z = \begin{bmatrix} 0 \\ -\sin(\theta) \\ \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.11]}$$

จากสมการดังกล่าว เป็นการแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของระบบพิกัด {B} โดยเทียบมาจากระบบพิกัดอ้างอิง {A} ซึ่งเป็นการหมุนรอบแกน x เป็นมุม θ โดยค่าที่เทียบกับแกน x นั้นจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้เมตริกซ์การหมุนรอบแกน x เป็น

$$\text{Rot}(x, \theta) = {}^A R_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ 0 & \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.12]}$$

Compound rotation

เป็นการรวมค่าของเมตริกซ์การหมุนในแต่ละแกน ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะนำไปใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งจะมีลักษณะการคำนวณดังนี้

$${}^A R_D = {}^A R_B {}^B R_C {}^C R_D \quad \text{-----[2.13]}$$

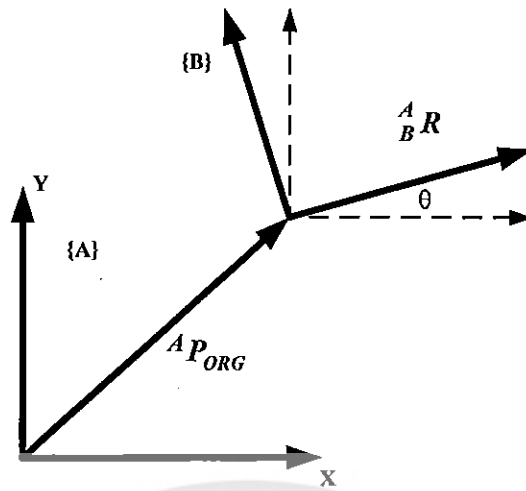
จาก

$${}^A P = {}^A R_D {}^D P \quad \text{-----[2.14]}$$

จะได้

$${}^A P = \text{Rot}(x, \theta) \text{Rot}(y, \alpha) \text{Rot}(z, \beta) {}^D P \quad \text{-----[2.15]}$$

เมื่อวัตถุมีการเลื่อนและหมุนตำแหน่ง



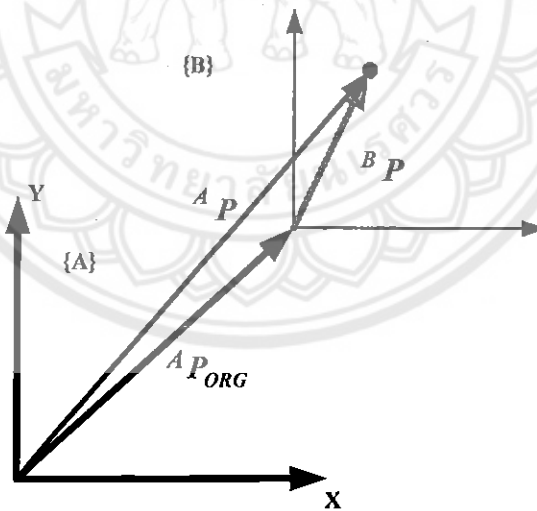
รูปที่ 2.10 เมื่อวัตถุมีการเลื่อนและหมุนตำแหน่ง [2]

เราจะกำหนดตำแหน่งและทิศทางของวัตถุในสามมิติ โดยให้

ตำแหน่ง $\Rightarrow {}^A P_{ORG}$

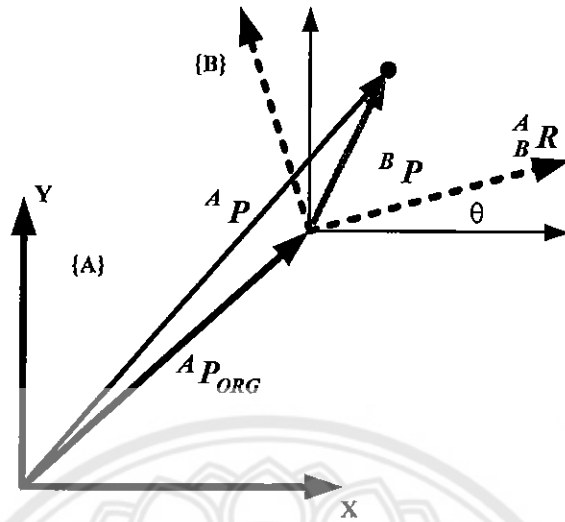
ทิศทาง $\Rightarrow {}^A_B R$

ซึ่งจะใช้สมการ ${}^A P = {}^A P_{ORG} + {}^B P$ ในการคำนวณเมื่อไม่มีการหมุน



รูปที่ 2.11 สมการ ${}^A P = {}^A P_{ORG} + {}^B P$ ในการคำนวณเมื่อไม่มีการหมุน [2]

และ ใช้สมการ ${}^A P = {}^A R {}^B P + {}^A P_{ORG}$ เมื่อมีการหมุน ดังรูป 2.12



รูปที่ 2.12 สมการ ${}^A P = {}^A P_{ORG} + {}^B P$ ในการคำนวณเมื่อมีการหมุน[2]

การแปลงเบบเอกพันธ์

เป็นการแปลงมาจากการหมุน การเคลื่อนที่ โดยจะอยู่ในรูปของ Single Matrix ซึ่งเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งจากระบบพิกัดหนึ่งไปสู่อีกพิกัดหนึ่ง

$${}^A P = {}^A T_{B} {}^B P \quad \leftarrow \quad \text{Homogeneous Transform} \quad \text{-----}[2.15]$$

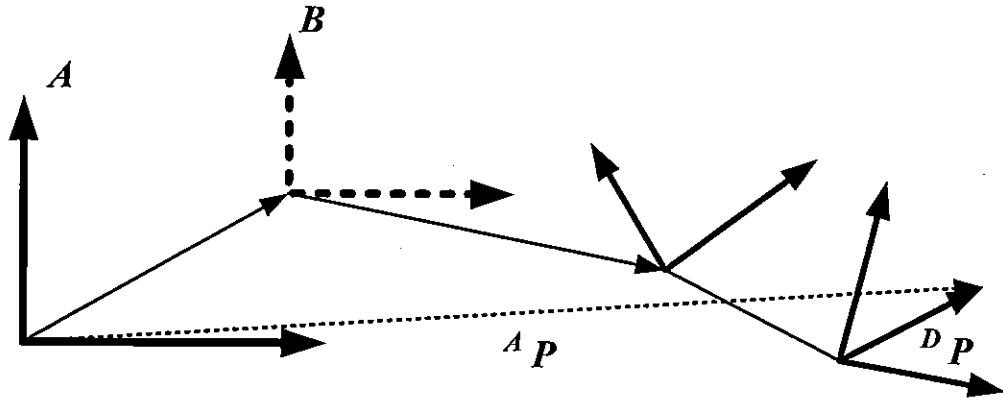
โดยเมื่อนำมาเขียนในรูปของเมตริกซ์ T (Transformer matrix) จะได้ดังนี้

$${}^A T_{B} = \begin{bmatrix} {}^A R_{B} & {}^A P_{ORG} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{-----}[2.16]$$

จากสมการ ${}^A P = {}^A R {}^B P + {}^A P_{ORG}$ เมื่อใช้ Homogeneous Transform matrix โดยการรวมเวกเตอร์ตำแหน่ง ${}^A P_{ORG}$ กับ เมตริกซ์การหมุน R จะได้ตำแหน่งและมุมที่สมบูรณ์ของระบบพิกัดอีกพิกัดหนึ่ง

จากการที่หุ่นยนต์แขนกลมีหลายแกน จะได้ว่า

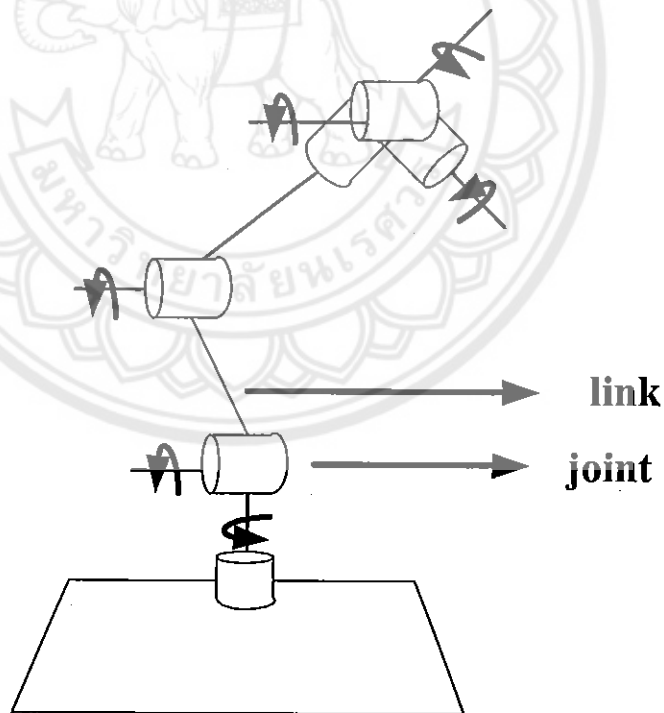
$${}^A T_D = {}^A T_B {}^B T_C {}^C T_D \quad \text{-----}[2.17]$$



รูปที่ 2.13 หุ่นยนต์แขนกลมีหลายแกน[2]

การคำนวณการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ (Determination kinematics of Robot) [9]

เป็นการหาสมการสำหรับการอธิบายการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยสมการนี้จะแสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบต่างๆ คือ แขนของหุ่นยนต์ (Link) และจุดต่อเชื่อมของแขนหรือจุดหมุน (joint) ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบจะขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว



รูปที่ 2.14 องค์ประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว[2]

โดยในการอธิบายการเคลื่อนที่ สามารถหาได้ 2 ลักษณะ คือ คิเนแมติกส์แบบตรง และแบบ ผกผัน

ซึ่งในที่นี้เราจะอธิบายเรื่องคิเนแมติกส์แบบตรงอย่างเดียว เพราะในโครงการที่ทำอยู่ได้ใช้ หลักการของคิเนแมติกส์แบบตรงในการคำนวณ

คิเนแมติกส์แบบตรง[9]

เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ โดยเริ่มจากฐานไปสู่จุดปลาย ซึ่งคิเนแมติกส์แบบตรง ส่วนใหญ่ จะใช้ในการป้อนกลับเพื่อดูตำแหน่ง

ในโครงการนี้ในการคำนวณหาการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์นั้น ได้ใช้วิธีการของ Denavit-Hartenberg ในการคำนวณ ซึ่งจะใช้เมตริกส์การแปลง (Transformation matrix) เพื่อหาลักษณะการเคลื่อนที่ของแต่ละแขนกล แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ของแขนกลทั้งหมด ซึ่งจะทำได้ลักษณะของการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ที่สมบูรณ์

ลักษณะการคำนวณ

1. กำหนดหมายเลขของ link จาก 0 ถึง n
2. กำหนดหมายเลขของ joint จาก 0 ถึง n
3. กำหนด Z_i ตาม joint i สำหรับ joint 1 ถึง n
4. กำหนด X_i ให้เป็นแกนตั้งฉากระหว่าง Z_i และ Z_{i+1}

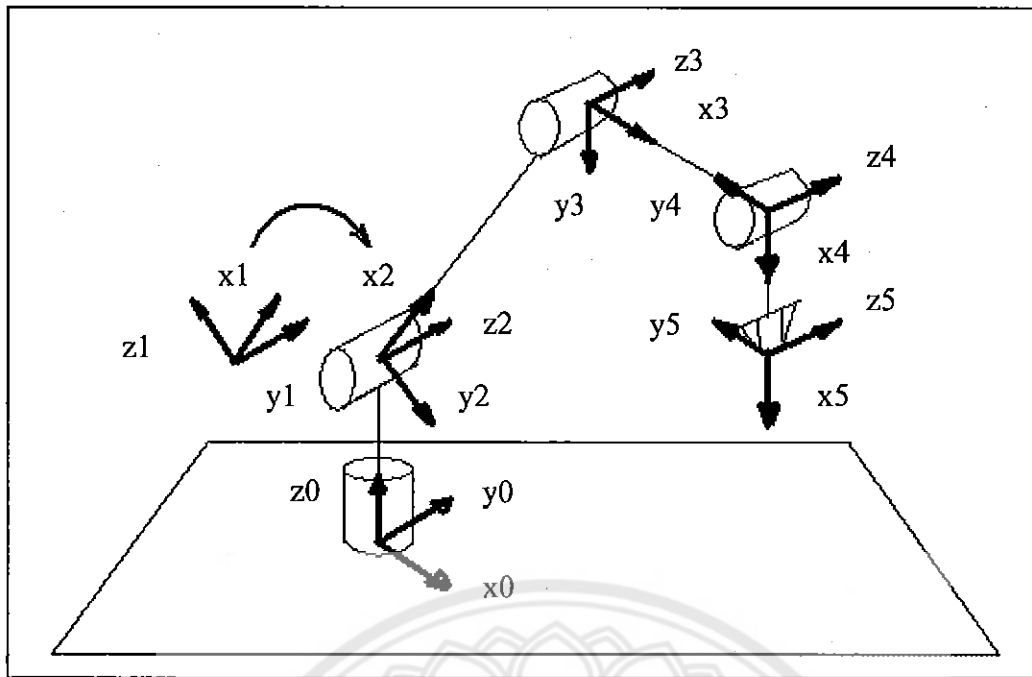
โดยที่ให้ที่ฐาน เป็น 0 และกำหนดให้

α_{i-1} คือ มุมระหว่าง Z_{i-1} กับ Z_i รอบ X_{i-1}

a_{i-1} คือ ระยะระหว่าง Z_{i-1} กับ Z_i ตามแกน X_{i-1}

θ_i คือ มุมระหว่าง X_{i-1} กับ X_i รอบแกน Z_i

d_i คือ ระยะระหว่าง X_{i-1} กับ X_i ตามแกน Z_i



รูปที่ 2.15 องค์ประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ในโรงงาน

จากรูปที่ 2.15 เราสามารถนำมาจัดให้อยู่ในรูปของตารางเพื่อการคำนวณที่ง่ายขึ้นได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ค่าที่หาได้จากรูปหุ่นยนต์แขนกลในโรงงาน

i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1
2	$-\frac{\pi}{2}$	0	0	θ_2
3	0	a_2	0	θ_3
4	0	a_3	0	θ_4
5	0	a_4	0	θ_5

ซึ่งให้ d_i เป็นระยะห่างระหว่างฐานล่างจนถึง จุดหมุนของแขนท่อนที่ 1
 a_2 เป็นระยะห่างระหว่างจุดหมุนของแขนกล จุดหมุนที่ 1 และจุดหมุนที่ 2
 a_3 เป็นระยะห่างระหว่างจุดหมุนของแขนกล จุดหมุนที่ 2 และจุดหมุนที่ 3
 a_4 เป็นระยะห่างระหว่างจุดหมุนของแขนกล จุดหมุนที่ 3 กับปลายแขนกล

เราจะนำค่าได้ตารางที่...มาใช้ในการคำนวณการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์แขนกล โดยใช้วิธีของ Transform matrix ซึ่งจะได้ออกมาในลักษณะดังนี้

$${}^0_i T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & P_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & P_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{-----[2.18]}$$

ซึ่งเราจะต้องหาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลในแต่ละท่อนก่อน โดยจะได้สมการออกมาดังนี้

$${}^0_1 T = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -s\theta_1 & 0 & d_1 \\ s\theta_1 & c\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{-----[2.19]}$$

$${}^1_2 T = \begin{bmatrix} c\theta_2 & -s\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -s\theta_2 & -c\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{-----[2.20]}$$

$${}^2_3 T = \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & a_2 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{-----[2.21]}$$

$${}^3_4 T = \begin{bmatrix} c\theta_4 & -s\theta_4 & 0 & a_3 \\ s\theta_4 & c\theta_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{-----[2.22]}$$

$${}^4_5 T = \begin{bmatrix} c\theta_5 & -s\theta_5 & 0 & a_4 \\ s\theta_5 & c\theta_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{-----[2.23]}$$

จากนั้นนำสมการทั้งหมดมาคูณกัน เพื่อหาตำแหน่งและทิศทางของปลายมือ จะได้

$${}^0_5T = {}^0_1T {}^1_2T {}^2_3T {}^3_4T {}^4_5T$$

$${}^0_5T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & P_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & P_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{-----[2.24]}$$

ให้ c คือ cos และ s คือ sin โดยที่

$$r_{11} = [(c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - c\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 - (c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + c\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)s\theta_4]c\theta_5$$

$$- [(c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - c\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)s\theta_4 + (c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + c\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)c\theta_4]s\theta_5 \quad \text{-----[2.25]}$$

$$r_{21} = [(s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 - (s\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)s\theta_4]c\theta_5$$

$$- [(s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)s\theta_4 + (s\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)c\theta_4]s\theta_5 \quad \text{-----[2.26]}$$

$$r_{31} = [(-s\theta_2 c\theta_3 - c\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 + (s\theta_2 s\theta_3 - c\theta_2 c\theta_3)s\theta_4]c\theta_5$$

$$+ [(s\theta_2 c\theta_3 + c\theta_2 s\theta_3)s\theta_4 + (s\theta_2 s\theta_3 - c\theta_2 c\theta_3)c\theta_4]s\theta_5 \quad \text{-----[2.27]}$$

$$r_{12} = [(c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - c\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 - (c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + c\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)s\theta_4](-s\theta_5)$$

$$- [(c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - c\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)s\theta_4 + (c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + c\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)c\theta_4]c\theta_5 \quad \text{-----[2.28]}$$

$$r_{22} = [(s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 - (s\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)s\theta_4](-s\theta_5)$$

$$- [(s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)s\theta_4 + (s\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)c\theta_4]c\theta_5 \quad \text{-----[2.29]}$$

$$r_{32} = [(-s\theta_2 c\theta_3 - c\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 + (s\theta_2 s\theta_3 - c\theta_2 c\theta_3)s\theta_4](-s\theta_5)$$

$$+ [(s\theta_2 c\theta_3 + c\theta_2 s\theta_3)s\theta_4 + (s\theta_2 s\theta_3 - c\theta_2 c\theta_3)c\theta_4]c\theta_5 \quad \text{-----[2.30]}$$

$$r_{13} = (-s\theta_1) \quad \text{-----[2.31]}$$

$$r_{23} = (c\theta_1) \quad \text{-----[2.32]}$$

$$r_{33} = 0 \quad \text{-----[2.33]}$$

$$P_x = (a_4)\{[(c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - c\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 - (c\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + c\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)s\theta_4]$$

$$+ [(a_3)(c\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - c\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)] + [(a_2)c\theta_1 c\theta_2]\} \quad \text{-----[2.34]}$$

$$P_y = (a_4)\{[(s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 - (s\theta_1 c\theta_2 s\theta_3 + s\theta_1 s\theta_2 c\theta_3)s\theta_4]$$

$$+ [(a_3)(s\theta_1 c\theta_2 c\theta_3 - s\theta_1 s\theta_2 s\theta_3)] + (a_2)s\theta_1 c\theta_2\} \quad \text{-----[2.35]}$$

$$P_z = (a_4)\{[(-s\theta_2 c\theta_3 - c\theta_2 s\theta_3)c\theta_4 + (s\theta_2 s\theta_3 - c\theta_2 c\theta_3)s\theta_4]$$

$$+ [(a_3)(-s\theta_2 c\theta_3 - c\theta_2 s\theta_3)] - (a_2)s\theta_2 + d_1\} \quad \text{-----[2.36]}$$

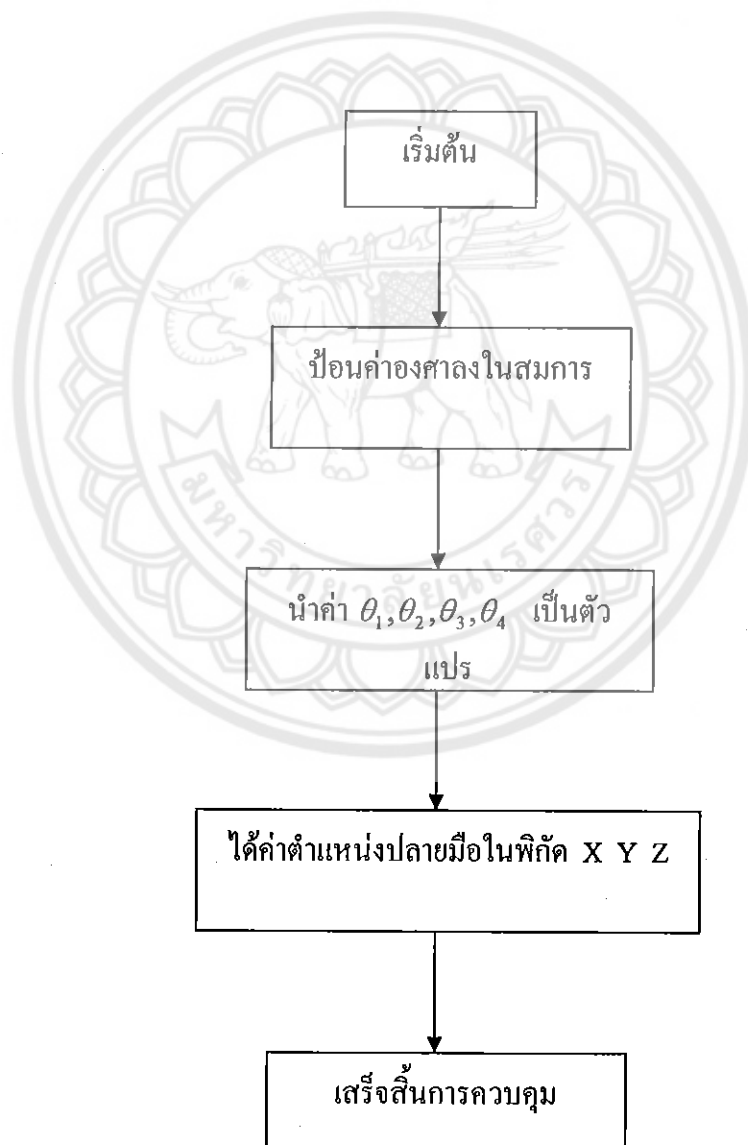
จะได้ ทิศทางการเคลื่อนที่ของปลายมือหุ่นยนต์แบบกลเทียบจุดเริ่มต้น คือ

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

และ ตำแหน่งปลายมือของหุ่นยนต์แขนกลเทียบกับจุดเริ่มต้น คือ
$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix}$$

2.4 หลักการทำงานของแขนกลในโรงงาน

ในโรงงานนี้เป็นแขนกลที่มีจำนวนข้อต่ออยู่ 4 ข้อต่อ หรือมีจำนวนแกนเท่ากับ 4 แกน เนื่องจากค่ามุมที่ต้องการเพื่อป้อนเข้าไปใน โปรแกรมของผู้ใช้หรือผู้ควบคุมแขนกลก็คือค่ามุมของแต่ละข้อต่อ $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ เพื่อที่จะได้รู้พิกัดตำแหน่งและทิศทางของปลายมือแขนกล จึงต้องอาศัยสมการฟอร์เวิร์ดคิเนมาติกส์ (Forward Kinematics) ในการหาพิกัด (X,Y,Z) ของปลายแขนกลโดยการป้อนค่ามุม $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ ของแต่ละข้อต่อลงในสมการฟอร์เวิร์ดคิเนมาติกส์ เพื่อที่จะได้นำมาใช้ในการบังคับหุ่นยนต์แขนกลต่อไป ซึ่งได้แผนผังการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.16 แสดงผังขั้นตอนการควบคุมแขนกลสำหรับโรงงาน

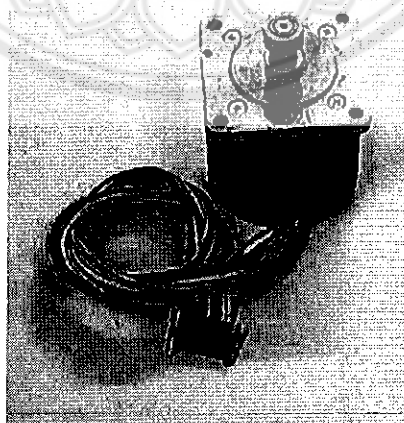
2.5 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปป์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1 , 1.5 , 1.8 หรือ 7.2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ ลักษณะที่นำมามอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER) ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTTER เป็นต้น

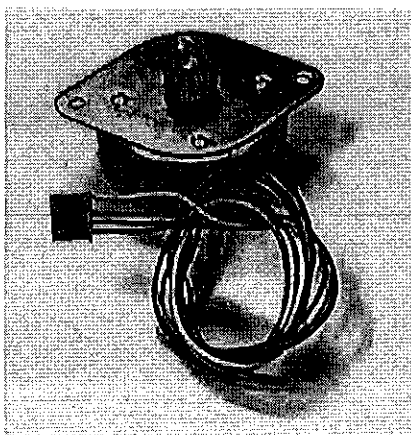
ชนิดและโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์สเต็ปมอเตอร์มีลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.17 สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น [3]

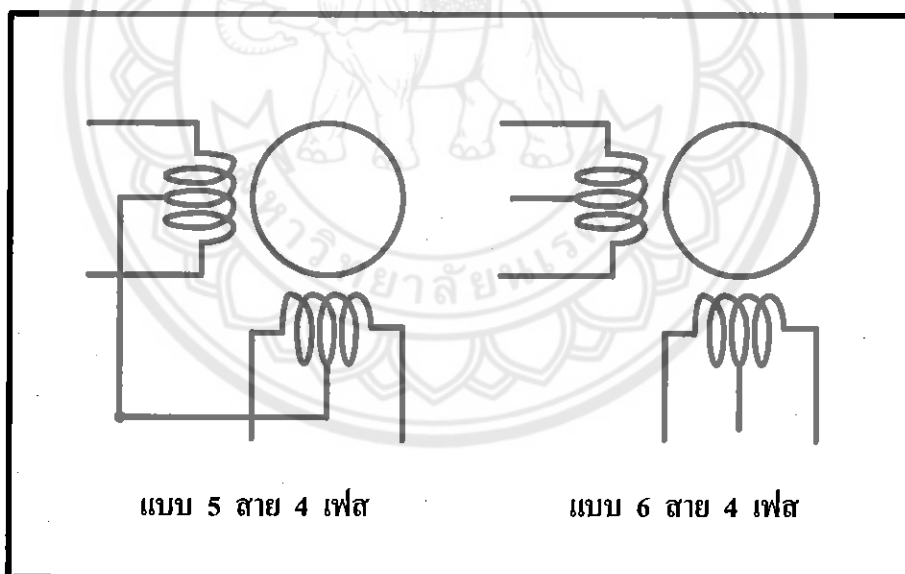


รูปที่ 2.18 สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น [3]



รูปที่ 2.19 สเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์[3]

โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์แสดงดังในรูปที่ 2.23 สเต็ปมอเตอร์แบบนี้จะมีการพันขดลวด 2 ขดบนขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวมีขดลวดทั้งสิ้น 4 เฟส คือ เฟส 1 ,2 ,3 และ 4 มีการต่อสายออกจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปมอเตอร์แบบนี้จึงมีทั้ง 5 และ 6 สาย โดยที่สาย 5 คือสายจ่ายไฟเลี้ยง ส่วนกรณี 6 สาย จะต้องนำสายต่อไฟเลี้ยงของขดลวดทั้ง 2 ของมอเตอร์มาต่อรวมกัน แล้วจ่ายไฟจะทำให้สเต็ปมอเตอร์ทำงานได้



รูปที่ 2.20 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์[3]

2.6 การขับสแต็ปปีงมอเตอร์[3]

การขับให้สแต็ปปีงมอเตอร์หมุนจะต้องป้อนสัญญาณไฟฟ้าไปยัง แต่ละเฟสของขดลวดอย่างเหมาะสมและมีรูปแบบที่ถูกต้อง สแต็ปปีงมอเตอร์จึงจะหมุนไปได้ โดยมีรูปแบบการขับอย่างง่าย 3 รูปแบบคือ แบบหนึ่งเฟส แบบสองเฟสหรือฟูลสแต็ป และแบบฮาล์ฟสแต็ป

2.7.1 แบบหนึ่งเฟส

เป็นการขับที่มีรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการป้อนสัญญาณกระตุ้นขดลวดครึ่งละเฟสในช่วงเวลาหนึ่งไล่เรียงกันไป เช่น เริ่มต้นจากเฟสที่ 1 ต่อด้วยเฟสที่ 2 ,3 และ 4 แล้ววนกลับมาที่เฟส 1 ใหม่ หรือจะให้เริ่มจากเฟสที่ 1 แล้วไปยังเฟสที่ 4 ,3 และ 2 แล้ววนกลับมาที่เฟส 1 ใหม่อีกครั้ง ด้วยลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นที่ต่างกัน ทำให้ทิศทางการหมุนของสแต็ปปีงมอเตอร์สวนทางกันด้วย การขับสแต็ปปีงมอเตอร์แบบนี้ จะมีขดลวดเพียงเฟสเดียวที่ได้รับสัญญาณกระตุ้นดังตารางที่ 2.2 แสดงการป้อนสัญญาณ เพื่อขับสแต็ปปีงมอเตอร์แบบหนึ่งเฟส

2.7.2 แบบสองเฟส

จะมีลักษณะคล้ายกับแบบหนึ่งเฟส บางทีเรียกการขับแบบนี้ว่า แบบฟูลสแต็ป (Full Step) แต่แทนที่จะส่งสัญญาณกระตุ้นเพียงเฟสเดียว ในการขับแบบนี้จะป้อนสัญญาณกระตุ้นไปยังเฟสของมอเตอร์ที่อยู่ใกล้กัน ในเวลาเดียวกันและเรียงลำดับไปเช่นเดียวกับ แบบหนึ่งเฟสดังแสดงในตารางที่ 2.3 คือเริ่มต้นด้วยการป้อนสัญญาณกระตุ้นไปยังเฟสที่ 1 และ 2 พร้อมกัน ในสแต็ปที่ 1 ในสแต็ปที่ 2 จะป้อนสัญญาณไปยังเฟสที่ 2 และ 3 พร้อมกัน ถัดมาในเฟสที่ 3 จะทำการป้อนสัญญาณไปในเฟสที่ 3 และ 4 ในสแต็ปที่ 4 จะทำการป้อนสัญญาณ ไปยังเฟสที่ 4 และ 1 แล้ววนกลับไปเฟส 1 และ 2 อีกครั้ง ด้วย การขับแบบนี้ทำให้ได้แรงบิดมากกว่าแบบหนึ่งเฟส

2.7.3 แบบฮาล์ฟสแต็ป (Half Step)

การขับแบบนี้ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากสามารถช่วยให้ สแต็ปปีงมอเตอร์สามารถหมุนได้อย่างละเอียดขึ้นเป็น 2 เท่าของความละเอียดปกติ โดยมีรูปแบบการขับแสดงในตาราง 2.4 จะเห็นว่าการขับสแต็ปปีงมอเตอร์แบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างการขับแบบการขับแบบหนึ่งเฟสและสองเฟส กล่าวคือมีทั้ง การป้อนสัญญาณกระตุ้นไปยังขดลวดเพียงเฟสเดียวและพร้อมกัน 2 เฟส ในช่วงเวลาหนึ่งด้วยการขับแบบนี้ส่งผลให้แรงบิดจากการหมุนเพิ่มขึ้น เพราะระยะในการหมุนสั้นลง ควบคู่กันนี้ การหมุนมีเพิ่มมากขึ้น แต่ว่าในการขับแต่ละสแต็ปจะให้ผลเพียงครึ่งสแต็ปของการขับปกติ ดังนั้นหากต้องการให้การเคลื่อนที่เป็นไปแบบเต็มสแต็ป จะต้องกำหนดให้ทำการหมุนไป 2 สแต็ปต่อเนื่องกัน

ตารางที่ 2.2 ลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นวงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบ 1 เฟส

สเต็ปที่	Phase 1	Phase2	Phase3	Phase4
1	ทำงาน			
2		ทำงาน		
3			ทำงาน	
4				ทำงาน

ตารางที่ 2.3 ลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นวงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบ 2 เฟส

สเต็ปที่	Phase 1	Phase2	Phase3	Phase4
1	ทำงาน	ทำงาน		
2		ทำงาน	ทำงาน	
3			ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน			ทำงาน

ตารางที่ 2.4 ลำดับการป้อนสัญญาณกระตุ้นวงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบ ฮาล์ฟสเต็ป

สเต็ปที่	Phase 1	Phase2	Phase3	Phase4
1	ทำงาน			
2	ทำงาน	ทำงาน		
3		ทำงาน		
4		ทำงาน	ทำงาน	
5			ทำงาน	
6			ทำงาน	ทำงาน
7				ทำงาน
8	ทำงาน			ทำงาน

2.7 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) [4]

เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor) ประกอบด้วยชุดเกียร์และส่วนควบคุมต่างๆไว้ด้วยกัน ภายในกล่องพลาสติกโดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสาย 3 เส้นเท่านั้นคือ สายไฟเลี้ยง (Vcc) ,สายกราวด์ (GND) และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวโดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณพัลส์วิดมอด(PWM)แบบที่ทีแอล เลเวล (TTL Level) ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว

2.8 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ [4]

การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์มีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป



รูปที่ 2.21 สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 มิลลิวินาที (ms) [4]

สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 มิลลิวินาที(ms) จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือ จุดกึ่งกลางของมอเตอร์



รูปที่ 2.22 สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 มิลลิวินาที (ms) [4]

สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 มิลลิวินาที (ms) จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือ ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



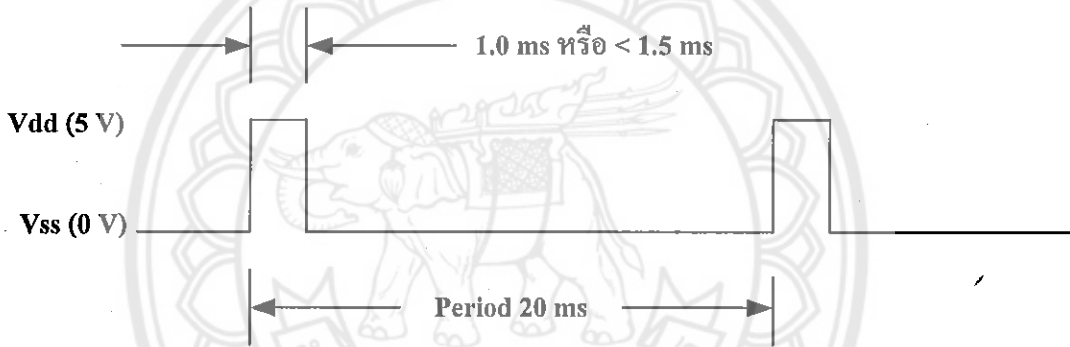
ร/ร.
ก 52 8
2548

รูปที่ 2.23 สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 มิลลิวินาที (ms) [4]

14995570

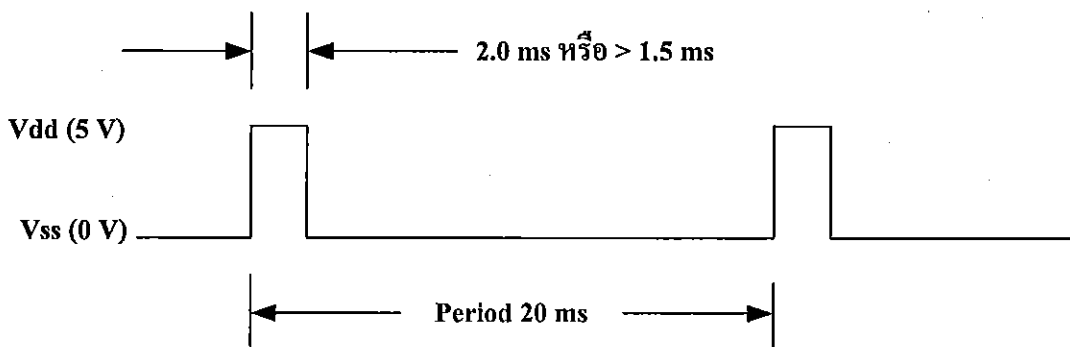
สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 มิลลิวินาที (ms) จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม + 90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

การควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านซ้ายจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 1 มิลลิวินาที (ms) หรือ ให้น้อยกว่า 1.5 มิลลิวินาที (ms) โดยจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ทุกๆ 20 มิลลิวินาที (ms) ดังรูปที่ 2.27



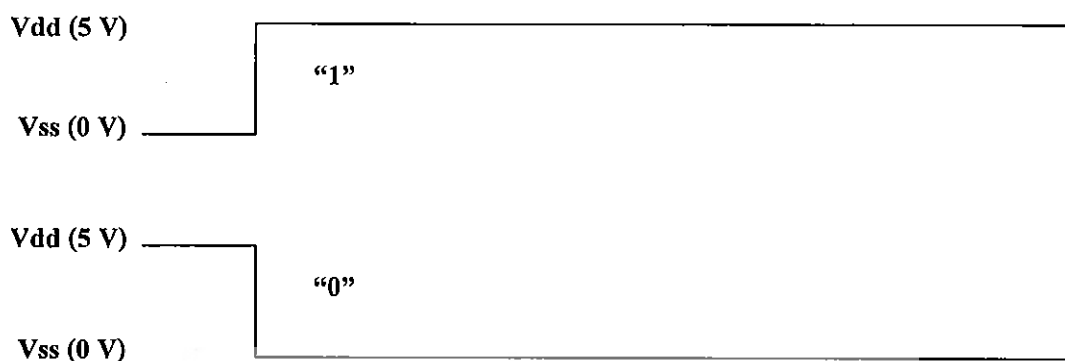
รูปที่ 2.24 การป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 1 มิลลิวินาที(ms) [4]

การควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านขวาจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 2 มิลลิวินาที (ms) หรือ ไม่นต่ำกว่า 1.5 มิลลิวินาที (ms) และจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ทุกๆ 20มิลลิวินาที (ms) ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.25 การป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 2 มิลลิวินาที(ms) [4]

การควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุน ทำได้โดยการส่งลอจิก “0” หรือ “1” ให้กับมอเตอร์ หรือ ก็คือ การไม่จ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ดังรูป



รูปที่ 2.26 การป้อนสัญญาณพัลส์ลอจิก “0” หรือ “1” [4]

จากการศึกษาทฤษฎีในบทนี้ ได้นำไปสู่การสร้างหุ่นยนต์แขนกล ออกแบบวงจรควบคุม สแต็ปมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ ที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป



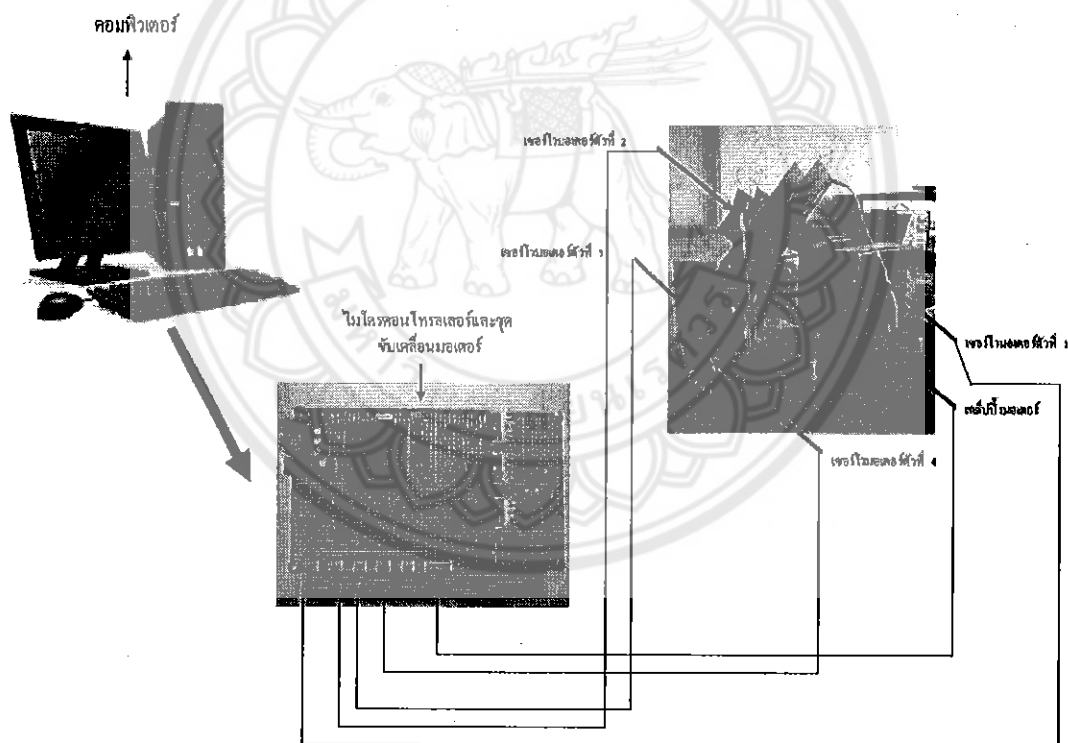
บทที่ 3

การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกล

จากการศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆ ในบทที่ 2 ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แขนกลดังนี้

3.1 โครงสร้างการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน

การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน ประกอบด้วยส่วนควบคุมต่างๆ ดังรูปที่ 3.1 โดยการทำงานนั้นสามารถอธิบายได้อย่างกว้างๆ ดังนี้ เมื่อทำการป้อนข้อมูลผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิกส่งงานส่งผ่านข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านชุดขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อนำไปควบคุมหุ่นยนต์แขนกล



รูปที่ 3.1 แสดง โครงสร้างการทำงานของหุ่นยนต์แบบ 4 แกน

3.2 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์แขนกล

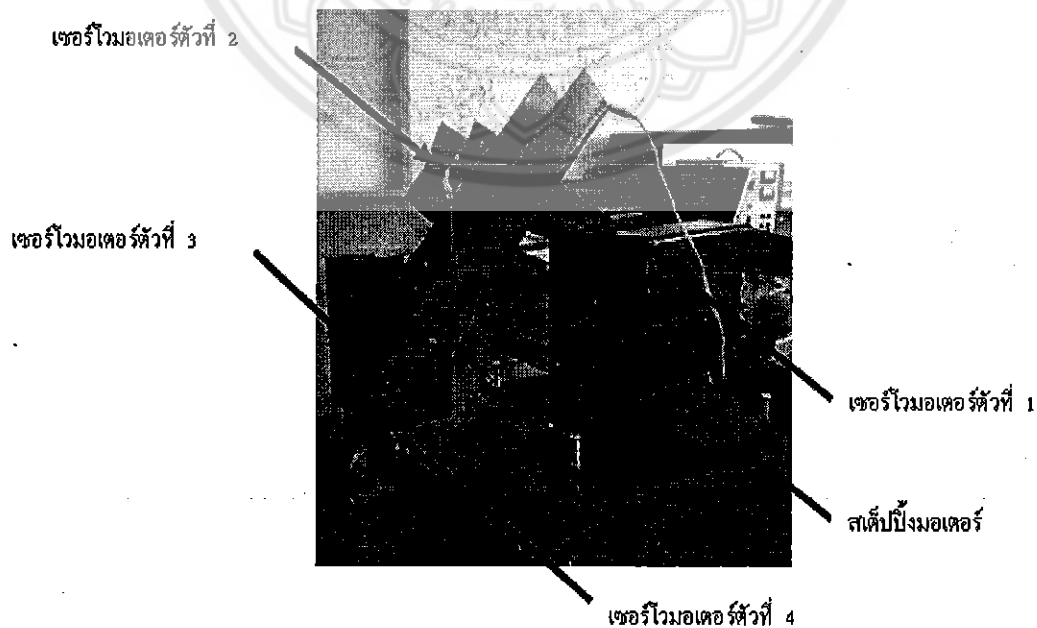
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล

การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน ได้มีการใช้วัสดุในการสร้างหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน ดังนี้

เซอร์โวมอเตอร์	4 ตัว
สตีปปีงมอเตอร์	1 ตัว
กริปเปอร์ (Griper)	1 ชุด
อะคริลิกใสขนาดบางขนาด 3 มิลลิเมตร	5 แผ่น
น็อตขนาด M	50 ตัว
น็อตขนาด M 2 นิ้ว	4 ตัว

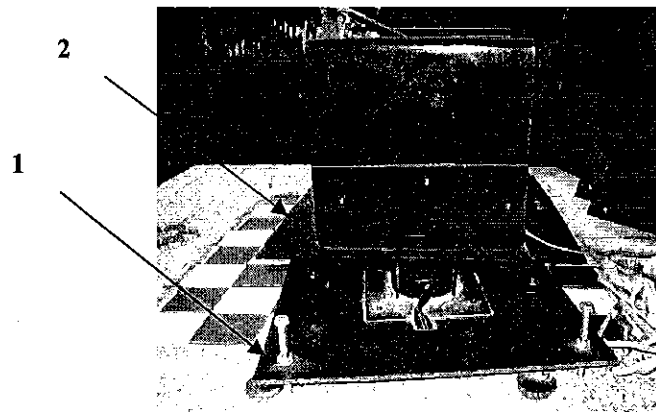
ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สำหรับการจัดทำโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล จะใช้อะคริลิกใสขนาดบางในการทำเป็นตัวและแขนของหุ่นยนต์แขนกล โดยใช้ความร้อนในการตัดให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ แล้วทำการประกอบโครงสร้างโดยใช้น็อตขนาดเล็กยึดเข้าด้วยกัน แล้วติดมอเตอร์เข้ากับข้อต่อตามจุดต่างๆ โดยฐานของหุ่นยนต์ใช้สตีปปีงมอเตอร์ และข้อต่อจุดที่ 1 ถึงข้อต่อจุดที่ 3 รวมทั้งชุดมือจับได้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนซึ่งสามารถประกอบได้ดังรูปที่ 3.2



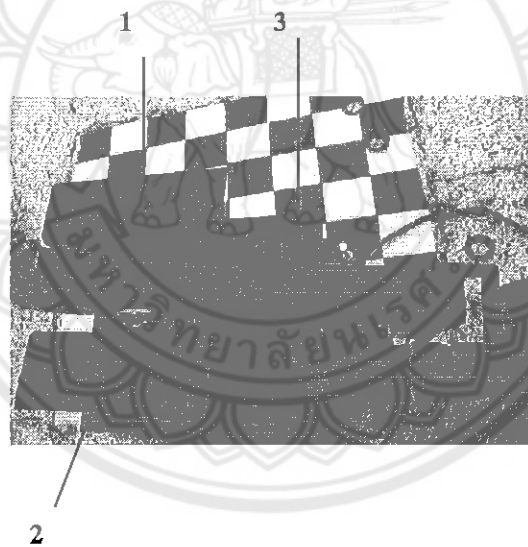
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล

สำหรับส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์แข่งกลมีขนาดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 ฐานล่างของหุ่นยนต์แข่งกล

จากรูปที่ 3.3 ฐานล่างของหุ่นยนต์แข่งกลได้ใช้สเต็ปมอเตอร์ในการควบคุมซึ่งขนาดฐานของหุ่นยนต์แข่งกลมีขนาดดังต่อไปนี้ จุดที่ 1 มีขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร จุดที่ 2 มีขนาดความกว้าง 22 เซนติเมตร ยาว 22 เซนติเมตร

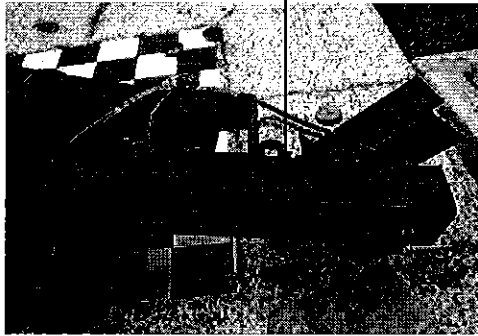


รูปที่ 3.4 ฐานยึดแขนท่อนที่และแขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 1

จากรูปที่ 3.4 ฐานยึดแขนท่อนที่ 1 ของหุ่นยนต์แข่งกลมีขนาดดังต่อไปนี้ จุดที่ 1 มีขนาดความกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร จุดที่ 2 มีขนาดความกว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ซึ่งทำหน้าที่ช่วยพยุงแขนของหุ่นยนต์

จุดที่ 3 แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 1 ได้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุม ซึ่งมีขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร

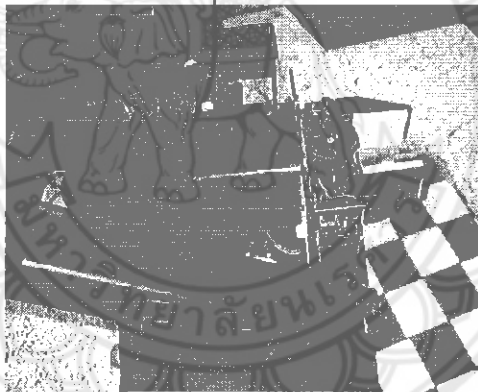
1



รูปที่ 3.5 แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 2

จากรูปที่ 3.5 แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 2 ได้ใช้เซอร์ไวโมเตอร์ในการควบคุม ซึ่งมีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร

1

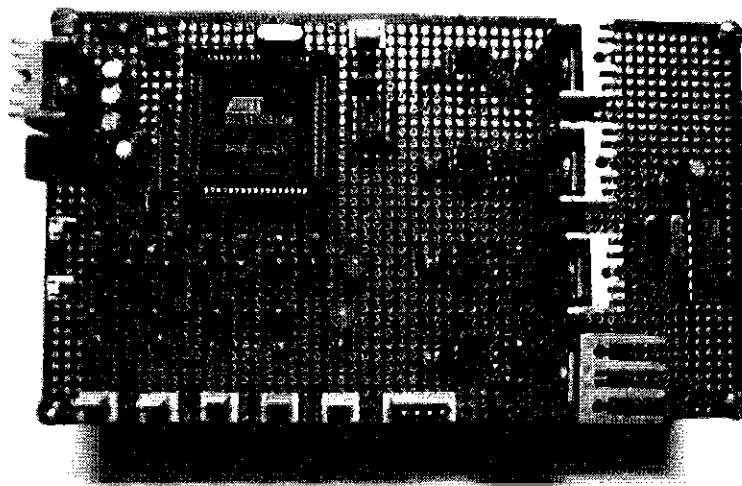


รูปที่ 3.6 แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 3

จากรูปที่ 3.6 แขนของหุ่นยนต์ท่อนที่ 3 และชุดมือจับ ได้ใช้เซอร์ไวโมเตอร์ในการควบคุมการเปิดปิดของชุดมือจับ ซึ่งมีขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร

3.2.2 การออกแบบบอร์ดควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

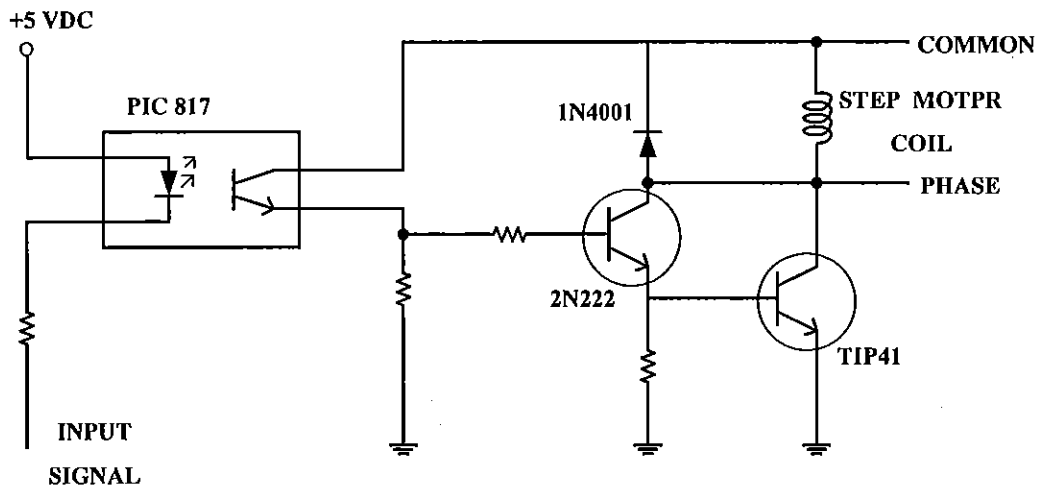
การออกแบบวงจรควบคุมหุ่นยนต์แขนกล ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 2 ตัว ทำหน้าที่ส่งจ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับ สเต็ปมอเตอร์ และเซอร์ไวโมเตอร์ ไอซี DS275 ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์เหมือนกับไอซี MAX 232 สามารถใช้ MAX232 แทนได้หากไม่สามารถหา ไอซี DS275 ได้ และหลอด LED ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของพอร์ตที่ต่อกับเซอร์ไวโมเตอร์



รูปที่ 3.7 บอร์ดวงจรควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

3.2.3 การออกแบบวงจรเพิ่มกระแสโดยใช้วงจรเรขาคณิต

เนื่องจากสัญญาณพัลส์ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถนำไปขับสเต็ปมอเตอร์ได้โดยตรง เพราะกระแสที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจ่ายได้มีค่าประมาณ 7-14 มิลลิแอมป์ หากนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์โดยตรงจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดความเสียหาย เนื่องจากสเต็ปมอเตอร์ต้องการกระแสมากกว่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจ่ายได้ จึงต้องมีการออกแบบวงจรช่วยเพิ่มกระแส ให้เพียงพอกับที่สเต็ปมอเตอร์ต้องการ หรือสามารถใช้ไอซีบางตัวช่วยเพิ่มกระแส เช่น ULN2003 ,ULN2803 เป็นต้น ไอซีช่วยเพิ่มกระแสสามารถเพิ่มกระแสได้สูงสุดเพียง 700 มิลลิแอมป์ แต่สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ต้องการกระแสประมาณ 1.2 แอมป์ ในโครงการนี้จึงได้เลือกใช้วงจรเรขาคณิต เพราะวงจรเรขาคณิตที่ออกแบบในโครงการนี้สามารถเพิ่มกระแสสูงสุดได้ถึง 10 แอมป์ รูปที่ 3.3 เป็นรูปวงจรรีเลย์ที่ใช้ในโครงการนี้



รูปที่ 3.8 วงจรคาร์ริงตัน

จากรูปที่ 3.8 วงจรคาร์ริงตัน จะใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว (ไอซีเบอร์ 2N222 และ TIP41) ช่วยขยายกระแส ไดโอด (1N4001) ทำหน้าที่ฟรีวิลลิ่งไดโอด และมีออปโตไดโอด (PIC817) ทำหน้าที่คล้ายสะพานแยกส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดขับเคลื่อนออกจากกันเพื่อป้องกันไมโครคอนโทรลเลอร์เสียหาย

จากการสร้างหุ่นยนต์แขนกล และออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ในบทต่อไปจะกล่าวถึงการทำงาน และผลที่ได้จากการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน การทดสอบการจับสิ่งของ และค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

4.1 โครงสร้างของแขนกล

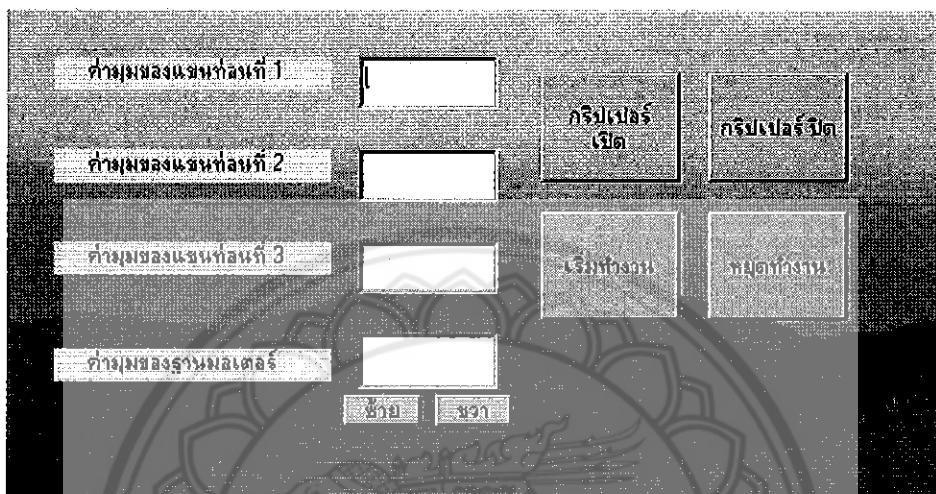


รูปที่ 4.1 โครงสร้างของแขนกล

ในโครงการที่ทำขึ้นมาี้ โครงสร้างหุ่นยนต์แขนกลเป็นแบบ 4 แกน ซึ่งใช้แผ่นอะคริลิกเป็นโครงสร้างของตัวแขนและฐานบางส่วน และใช้กระดาษอัดทำฐานเป็นส่วนใหญ่ ในด้านการเคลื่อนไหวนั้น ที่ฐานของหุ่นยนต์แขนกลได้ใช้สเต็ปปีงมอเตอร์ 1 ตัว ในการควบคุม ส่วนของท่อนแขนและคิปีเปอร์นั้นได้ใช้เซอร์โวมอเตอร์รวมกันทั้งหมด 4 ตัว ในการควบคุม โดยมอเตอร์ทั้งหมดจะทำงานผ่านทางคำสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการป้อนค่าจากคอมพิวเตอร์มาแล้ว

4.2 การควบคุมหุ่นยนต์แขนกล

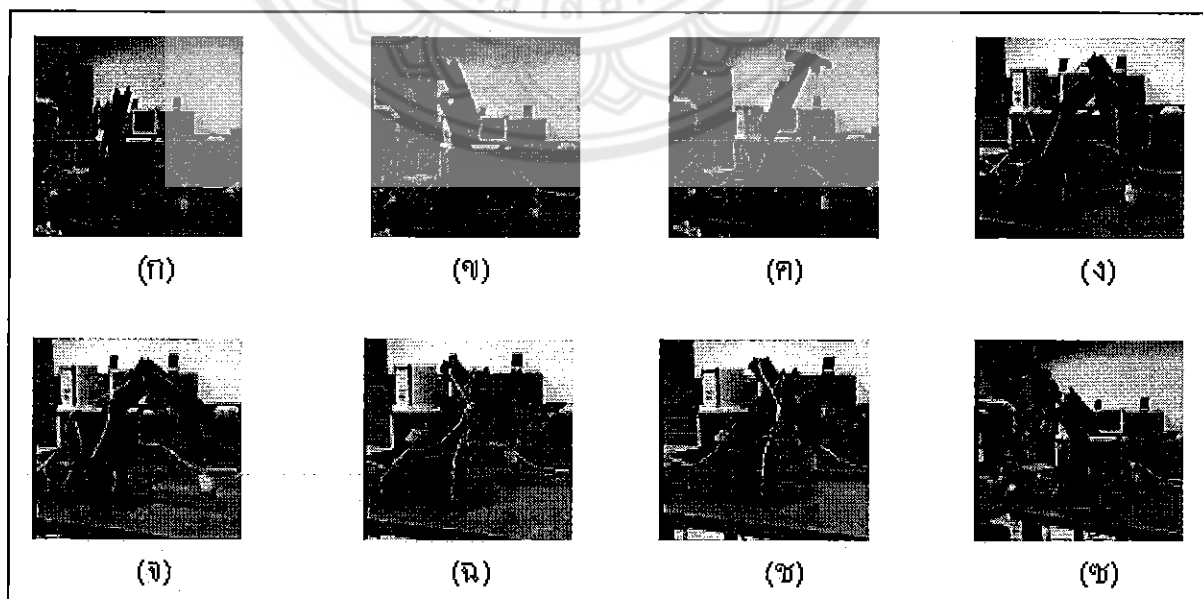
ในโครงการที่ทำนี้ ได้ใช้โปรแกรมวิชวลเบสิกในการติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยให้ผู้ใช้งานป้อนค่ามุมต่างๆ ให้กับแขนท่อนที่ 1 แขนท่อนที่ 2 แขนท่อนที่ 3 และเตีปั้งมอเตอร์แล้วทำการเลือกว่าจะให้หุ่นยนต์แขนกลหมุนซ้ายหรือขวา จะให้มือจับของแขนกลเปิดหรือปิด แล้วจึงกดปุ่มเริ่มทำงาน เพื่อให้แขนกลไปยังตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 4.2 หน้าต่างของ โปรแกรมวิชวลเบสิกที่ใช้ป้อนค่ามุมเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์

4.3 การทดสอบจับวัตถุของหุ่นยนต์แขนกล

ในการทดสอบการจับวัตถุ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการของหุ่นยนต์แขนกล ได้ทำการทดสอบดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การทดสอบการจับวัตถุของหุ่นยนต์แขนกล

จากรูป (ก) - (ข) เป็นการทดสอบการจับวัตถุทดสอบ จากตำแหน่งที่กำหนดเพื่อนำไปวางยังตำแหน่งที่ต้องการของหุ่นยนต์แขนกล

จากรูป (ก) กำหนดให้หุ่นยนต์แขนกลอยู่แกน y โดยให้มุมของแขนกลตอนที่ 1 และ 2 เป็น 90 องศา ส่วนตอนที่ 3 เป็น 0 องศา และกริปเปอร์เปิดดังรูป

จากรูป (ข-ค) ป้อนค่ามุมของวัตถุให้กับสเต็ปปีงมอเตอร์ เพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลอยู่ในแกนเดียวกับวัตถุดังรูป (ค)

จากรูป (ง) ป้อนค่ามุมเพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลจับวัตถุ โดยป้อนค่ามุมให้กริปเปอร์ปิดดังรูป

จากรูป (จ-ช) ป้อนค่ามุมเมื่อเทียบกับแกนอ้างอิงเพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลนำวัตถุไปวางยังตำแหน่งที่ต้องการดังรูป (ช)

จากรูป (ซ) ป้อนค่ามุมเมื่อเทียบกับแกนอ้างอิงเพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลปล่อยวัตถุแล้วกลับมาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นดังรูป

4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนมุมของหุ่นยนต์แขนกล

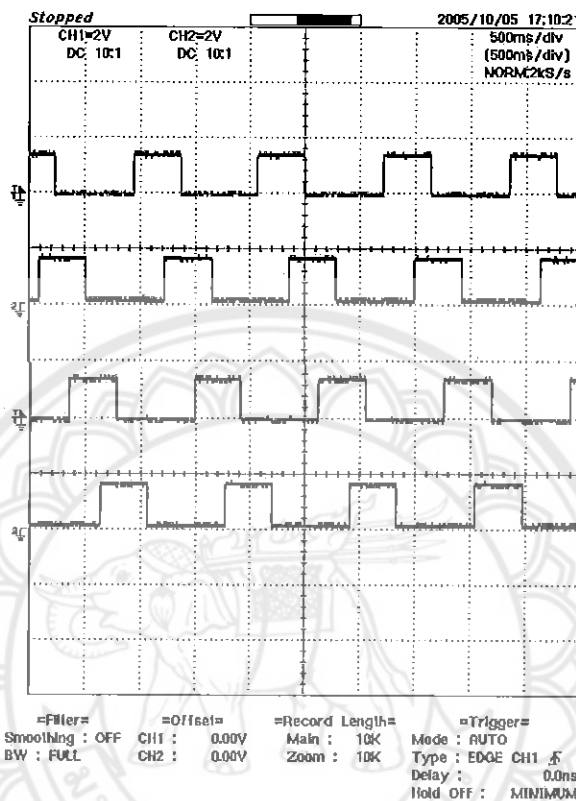
หุ่นยนต์แขนกลที่สร้างขึ้นมานี้ ในการทำงานจริง ตำแหน่งที่เรากำหนดให้ปลายแขนกลไปอยู่นั้นมักคลาดเคลื่อนไปจากค่ามุมที่เราป้อนให้ เราจึงได้ทำการวัดหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมที่คลาดเคลื่อนไปเมื่อเทียบกับค่าจริง ตามตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 ค่ามุมคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ในหุ่นยนต์แขนกล

ชิ้นส่วนของแขนกล	ค่ามุมที่ป้อน (องศา)	ค่ามุมที่วัดได้ (องศา)	ค่ามุมที่คลาดเคลื่อน (องศา)
สเต็ปปีงมอเตอร์	180	174	6
แขนตอนที่1	30	45	15
แขนตอนที่2	60	68	8
แขนตอนที่3	100	105	5

4.5 กราฟสัญญาณที่ได้จากการขับสเต็ปป์มอเตอร์

สเต็ปป์มอเตอร์ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นแบบฮาล์ฟสเต็ป เมื่อทำการวัดค่าสัญญาณของสเต็ปป์มอเตอร์ในขณะที่ทำงานอยู่ จะได้กราฟสัญญาณออกมา ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟสัญญาณที่วัดได้ของสเต็ปป์มอเตอร์

จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟสัญญาณจากการขับสเต็ปป์มอเตอร์แบบฮาล์ฟสเต็ปโดยที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์เริ่มสั่งงาน จากกราฟจะอธิบายได้ว่า ในขณะที่สัญญาณเฟสหนึ่งทำงานได้ครึ่งพัลส์ สัญญาณเฟสสองก็จะเริ่มทำงาน และในขณะที่เฟสสองทำงานครึ่งพัลส์ สัญญาณเฟสสาม ก็จะเริ่มทำงาน และในขณะที่สัญญาณเฟสสี่ทำงานได้ครึ่งพัลส์ สัญญาณเฟสหนึ่งก็จะทำงานใหม่ ซึ่งจะได้สัญญาณพัลส์เป็นลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ โดยกราฟที่ได้นี้วัดสัญญาณในขณะที่สเต็ปป์มอเตอร์กำลังหมุนแบบทวนเข็มนาฬิกา และถ้าเป็นในกรณีหมุนตามเข็มนาฬิกา สัญญาณพัลส์จะมีลักษณะ เฟส 4 ทำงานได้ครึ่งพัลส์ เฟส 3 จะเริ่มทำงานและเฟส 3 ทำงานครึ่งพัลส์ เฟส 2 จะเริ่มทำงาน และเฟส 2 เริ่มทำงานได้ครึ่งพัลส์ เฟส 1 จะเริ่มทำงาน เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

จากที่ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลต่างๆ บทต่อไปจะกล่าวถึงปัญหา การแก้ปัญหา และแนวทางในการพัฒนาต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลและวิเคราะห์โครงการ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทำโครงการนี้ พร้อมเสนอแนะแนวทางในการนำโครงการนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้เป็นการออกแบบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบ 4 แกน โดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลนั้นจะเป็นการป้อนค่ามุมที่ได้จากการคำนวณทางคิเนแมติกส์เมื่อเทียบกับแกนอ้างอิง เพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลสามารถจับวัตถุจากตำแหน่งที่ต้องการ ไปวางยังอีกตำแหน่งที่เรากำหนดได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

จากการทดลองพบว่าเมื่อนำหุ่นยนต์แขนกลไปจับวัตถุนั้น ต้องคอยป้อนค่ามุมที่ละสเตป เพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่ต้องการ และสามารถจับวัตถุที่กำหนดจากตำแหน่งที่กำหนด ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

5.2.1 ระหว่างทำการจับวัตถุ หุ่นยนต์แขนกลเกิดการสั่น เนื่องจากโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ทำด้วยอะคริลิก ทำให้ไม่แข็งแรง จึงควรออกแบบด้วยวัสดุที่แข็งแรงกว่านี้

5.2.1 ในการทดลองบางครั้งค่ามุมที่ป้อนคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่ต้องการเล็กน้อย เนื่องจากการคำนวณเกิดความคลาดเคลื่อน

5.2.3 ปัญหาของบอร์ดควบคุมที่ไม่ค่อยเสถียร เนื่องจากผู้ออกแบบยังไม่มีควมชำนาญที่เพียงพอ

5.2.4 ในการออกแบบวงจรหากใช้ ULN2003 สเต็ปมอเตอร์จะไม่หมุนหรือหมุนผิดพลาด เนื่องจาก ULN2003 รับกระแสสูงสุดได้ 0.7 A แต่สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ต้องการกระแส 1.2 A

5.2.5 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่งข้อต่อแรกเกิดความคลาดเคลื่อนมาก เนื่องจากรับน้ำหนักของข้อต่ออื่นๆ ไม้ไหว

5.2.6 เมื่อมีการใช้เซอร์โวมอเตอร์ในเวลานานตัวมอเตอร์จะร้อนและทำงานผิดพลาด

5.2.7 สเต็ปมอเตอร์มีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากรับข้อมูลที่ส่งมาจากโปรแกรมวิซวลเบสิกไม่ทัน

5.2.8 ไม่สามารถควบคุมองศาของสเต็ปมอเตอร์ได้อย่างละเอียด เนื่องจากข้อจำกัดของตัวมอเตอร์และวงจรขับเคลื่อน

5.2.9 ทรานซิสเตอร์ในวงจรรีจันต์เกิดความเสียหายบ่อยครั้ง ทำให้สแต็ปมอเตอร์เกิดความคลาดเคลื่อน

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

5.3.1 เพิ่มความแข็งแรงของหุ่นยนต์แขนกล โดยใช้อะลูมิเนียมหรือวัสดุอื่น ในการทำโครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกล

5.3.2 ควบคุมไดนามิกของระบบหุ่นยนต์

5.3.3 สามารถนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบควบคุมหุ่นยนต์แขนกลในการใช้งานจริงได้



เอกสารอ้างอิง

- [1] นาย อรรถวิทย์ สุคแสง . แขนกล . <http://www.cp.eng.chula.ac.th/~attawith/class/mani.pdf>
- [2] ดร. สติศา มณีวรรณ . Introduction to Robotic . <http://203.148.156.99/download/>
- [3] นายสมชาย ทองคำ สเต็ปป์มอเตอร์ (STEPPING MOTOR). [Online]. Available:
- [4] นายวัชรินทร์ เคารพ .คู่มือการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์
- [5] รศ.ดร. วีระเชษฐ ชันเงิน. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. พิมพ์ครั้งที่. กรุงเทพฯ. หจก. จี.เจ. พรินตติ้ง. 2547
- [6] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน วิชาวลเบสิก 6. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. อินโฟเพรส. 2544
- [7] ภูมิใจ สอาดโคม . สุรียา ทองบุญ และ ส่งเสริม ศิริรักษ์ . การออกแบบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KRC 125/2 . ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาคเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2544 .
- [8] กิตตินันท์ อยู่เสนาสน์ . อธิปัตย์ ถ้อยวงศ์งาม และ เรืองชัย คงมี . หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสารในออฟฟิศ . ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาคไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2544 .
- [9] Lorenzo Sciavicco and Bruno Siciliano . Modeling and Control of Robot Manipulators . Singapore : McGraw-Hill 1996 .
- [10] www.elecnet.chandra.ac.th/tipntrick/stepping/default.htm. 2004 .
- [11] Wolfram Stadler . Analytical Robotics And Mechatronics .

ประวัติผู้เขียนโครงการ

นายณัฐพันธ์ จวบมี

ที่อยู่ 52/215 ถ.พระองค์ขาว ต.อรัญญิก อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

e-mail : toei_blur@hotmail.com

นายมานัส สายน้ำ

ที่อยู่ 206 ม.8 ต.สี่ตุ๊ก อ.แก่งสนามนาง จ.นครราชสีมา

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล
- ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

e-mail : marcuslusifer@hotmail.com

นายวรพงษ์ อร่ามดิลรัตน์

ที่อยู่ 110/91 ถ.พระองค์ดำ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

e-mail : sixthsenes7613@hotmail.com

นายอุดมศักดิ์ ชูแสงเพชร

ที่อยู่ 69/1 ม.1 ต.ท่างาม อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสิงห์บุรี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

e-mail : gto3249@hotmail.com

