การควบคุมแขนกลด้วยระบบแมชชีนวิชั่น
ROBOTIC ARM MANIPULATOR WITH MACHINE VISION

นพสิทธิ์ อุบลสูตรวนิช
วีรวัชร สำเภา
วัชรทัต ทองขาว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การควบคุมแขนกลด้วยระบบแมชชีนวิชั่น

ROBOTIC ARM MANIPULATOR WITH MACHINE VISION

นพสิทธิ์ อุบลสูตรวนิช
วีรวัชร สำเภา
วัชรทัต ทองขาว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC ARM MANIPULATOR WITH MACHINE VISION

NOPPASIT UBOLSOOTWANICH

WEELAWAT SAMPAO

WATCHARATHAT THONGKHAO

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมแขนกลด้วยระบบแมชชีนวิชั่น

ROBOTIC ARM MANIPULATOR WITH MACHINE VISION

ผู้จัดทำ นาย นพสิทธิ์ อุบลสูตรวนิช 56010641

นาย วีรวัชร สำเภา 56011159

นาย วัชรทัต ทองขาว 56011302

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแขนกลด้วยระบบแมชชีนวิชั่น

โดย

นายนพสิทธิ์	อุบลสูตรวนิช	56010641
นายวีรวัชร	สำเภา	56011159
นายวัชรทัต	ทองขาว	56011302

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการประดิษฐ์หุ่นยนต์แขนกลขึ้นมาเพื่อใช้ในการประมวลผลภาพ ซึ่งอุปกรณ์เครื่องกลเหล่านี้จะใช้เพื่อตรวจจับการทำงานของชิ้นส่วนของสีที่แตกต่างกัน โดยใช้การประมวลผลภาพผ่านกล้องเว็บแคม ในส่วนทางเชิงกลจะมีการใช้หุ่นยนต์แขนกล เพราะว่าอุปกรณ์มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับแขนของคน ซึ่งเนื่องด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้หุ่นยนต์แขนกลมีใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม จึงทำให้ตัดสินใจว่าจะนำเรื่องนี้มาเป็นหัวข้อในการทำโครงงาน ในส่วนของการประมวลผลภาพซึ่งได้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะวิเคราะห์สีโดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิค ขั้นตอนแรก โปแกรมนี้จะรับรูปภาพจากกล้องเว็บแคมและจะมีการประมวลผลจนเสร็จสมบูรณ์ ขั้นที่สองโปรแกรมจะส่งค่าคำสั่งไปยังส่วนควบคุม และส่วนที่ทำการควบคุมจะทำการคำนวณตำแหน่งให้หุ่นยนต์แขนกล และขั้นตอนสุดท้าย หุ่นยนต์แขนกลจะหยิบชิ้นงานที่มีสีไม่ถูกต้องออกจากเส้นทางโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกล จากโครงงานนี้จึงได้หวังที่จะสร้างหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC ARM MANIPULATOR WITH MACHINE VISION

By

Mr.Noppasit Ubolsutrvanich 56010641

Mr. Weelawat Sampao 56011159

Mr.Watcharathat Thongkao 56011302

Advisor

Asst.Prof. Sumit Panaudomsup

Academic Year 2016

ABSTRACT

This thesis are fabricating articulated robot arm with image processing. These mechanical devices will be used to be detect the different colors of work piece by using image processing via webcam. In the mechanical part That use articulated robot arm because this device is working similar to human arm. For this reason, articulated robot arm commonly used in the industry and then decide to use in this thesis. In the part of image processing which write the program to analyze colors by using program Visual basic. First, this program will receive image from webcam and processing until it done. Second, program will send command to controller and controller will calculate position for articulated robot arm. Finally, articulated robot arm will pick up the wrong colors workpiece out of line by using servo motor control it. From this thesis that hope to build an articulated robot arm with image processing to study and applied to use for industry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี ต้องกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่สละเวลาคอยให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งยังคอยช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ เพื่อใช้ในการทำโครงงาน และขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้อง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ ของภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครองและครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ และคอยเป็นกำลังใจมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งสำหรับทุกความช่วยเหลือ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายนพสิทธิ์ อุบลสูตรวนิช

นายวีรวัชร สำเภา

นายวัชรทัต ทองขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย	1
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ประเภทของแขนกลในอุตสาหกรรม	3
2.1.1 แขนหุ่นยนต์โครงสร้างอนุกรม (Serial Link Manipulator)	3
2.1.2 แขนหุ่นยนต์โครงสร้างขนาน (Parallel Link Manipulator)	8
2.2 จลศาสสตร์ (Kinematics)	8
2.2.1 หลักการพื้นฐาน	8
2.2.2 จุดเชื่อมต่อ	8
2.3 จลศาสตร์แบบแปรผัน (Forward Kinematics)	9
2.4 จลศาสตร์แบบผกผัน (Inverse Kinematics)	10
2.5 เซอร์โวมอเตอร์	10
2.5.1 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์	11
2.5.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์	12
2.5.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	13
2.5.4 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	14
2.5.5 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	15
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	16
2.6.1 ความหมาย	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 Arduino Uno R3	16
2.7 Switching Power Supply	18
2.8 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)	22
2.8.1 การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม	23
2.8.2 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	23
2.8.3 ทิศทางในการไหลของข้อมูล (Direction of Data Flow)	25
2.9 ระบบแมชชีนวิชั่น (Machine Vision)	25
2.9.1 การจัดสภาพแวดล้อม (Scene Constraint)	27
2.9.2 การดึงข้อมูลภาพ (Image Acquisition)	27
2.9.3 การประมวลภาพเบื้องต้น (Pre-processing)	30
2.9.4 การแยกบริเวณ (Segmentation)	30
2.9.5 การแยกองค์ประกอบ (Components Extraction)	32
2.9.6 การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature Extraction)	33
2.9.7 การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (Classification and Interpretation)	34
2.9.8 การจำแนก (Classification)	35
2.9.9 กลไกเคลื่อนไหว (Actuation)	35
2.9.10 Image Processing (เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ)	36
2.10 Visual Basic	37
2.10.1 ภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer Language)	37
2.10.2 Visual Studio	38
บทที่ 3 การออกแบบแขนกล การออกแบบวงจรควบคุมและการออกแบบโปรแกรม	40
3.1 การออกแบบแขนกล	40
3.2 การออกแบบวงจรควบคุม	42
3.2.1 วงจรคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์	43
3.2.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุม	43
3.3 การออกแบบโปรแกรม	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	53
4.1 การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายจากคอมพิวเตอร์	53
4.2 การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายโดย Machine Vision	55
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	58
5.1 สรุปผลการทดลอง	58
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา	58
5.2.1 ปัญหาที่พบ	58
5.2.2 แนวทางแก้ไข	59
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา	59
เอกสารอ้างอิง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Cartesian Robot Work Envelop of Cartesian Robot	3
2.2 Cylindrical Robot Work Envelop of Cylindrical Robot	4
2.3 Spherical Robot Work Envelop of Spherical Robot	5
2.4 SCARA Robot Work Envelop of SCARA Robot	6
2.5 Articulated Arm Robot Work Envelop of Articulated Robot	7
2.6 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	11
2.7 นิยามตามคู่มืออ้างอิงเซอร์โวฉบับภาษาเยอรมัน	11
2.8 โครงสร้างของ AC Servo Motor	12
2.9 วัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวร	13
2.10 โครงสร้างและการทำงานของ AC Servo Motor	14
2.11 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	14
2.12 คอนโทรลเลอร์ (Controller)	15
2.13 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)	15
2.14 Layout & Pin Out Arduino Board (Model : Arduino UNO R3)	17
2.15 แผนผัง Switching Power Supply	18
2.16 วงจร Power Supply	19
2.17 วงจร Flyback Converter	20
2.18 วงจร Forward Converter	20
2.19 วงจร Push-Pull Converter	21
2.20 วงจร Half–Bridge Converter	21
2.21 วงจร Full–Bridge Converter	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)	22
2.23 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)	24
2.24 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)	24
2.25 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของระบบ Machine Vision	26
2.26 ความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ	28
2.27 ค่าความเข้มแสง ณ แถว m และหลัก n ของเซนเซอร์รับภาพ	29
2.28 การแทนสีจริงด้วยค่าสีแดง สีเขียวและน้ำเงิน	29
2.29 การแยกบริเวณ (Segmentation) ของเม็ดข้าวในรูปแบบต่างๆ	31
2.30 การทำงานของกระบวนการย่อยที่ชื่อว่า Connected Components Labeling	32
2.31 การทำงานจริงที่ประกอบด้วยกลไกต่างๆ	36
2.32 โปรแกรม Visual Studio ที่ใช้ภาษา Visual Basic ในการประมวลผล	38
3.1 แบบแขนกลประกอบโดยใช้อะคริลิค	40
3.2 วัสดุในการทำแบบแขนกลประกอบ	41
3.3 Servo Motor Tower Pro รุ่น MG-995 PRO	42
3.4 แผนผังการควบคุมหุ่นยนต์โดยผ่านระบบ Machine Vision	42
3.5 วงจรคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์	43
3.6 Flowchart แสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	43
3.7 รูปแบบการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม	44
3.8 ขนาดตัวรับภาพของกล้องหน่วยเป็นนิ้ว	45
3.9 ความบิดเบือนของภาพ	46
3.10 หน้าจอโปรแกรม Visual Studio ที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรม	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 กรอบแดงในภาพคือเครื่องมือที่จะใช้ในการออกแบบโปรแกรม	47
3.12 กรอบแดงในภาพคือแถบตั้งค่าเครื่องมือและคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องมือ	48
3.13 กรอบแดงในภาพคือหน้าต่างที่ใช้ในการใส่เครื่องมือและตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ	48
3.14 Flowchart การออกแบบโปรแกรม	50
3.15 ส่วนประกอบของโปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว	51
3.16 ส่วนประกอบของโปรแกรมแบ่งตามหมายเลข	51
4.1 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน X	54
4.2 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน Y	54
4.3 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio ตอนประมวลผล	55
4.4 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน X	56
4.5 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน Y	56
4.6 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio ตอนประมวลผล	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ด้วยการกำหนดจุดหมายจากคอมพิวเตอร์	53
4.2 การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายโดย Machine Vision	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันหุ่นยนต์แขนกลมีบทบาทมากขึ้นในงานอุตสาหกรรม โดยการเข้ามาทำงานแทนมนุษย์ในงานที่เสี่ยงอันตราย หรืองานบริการอื่นๆ ร่วมทั้งแขนกลยังมีความแม่นยำ เที่ยงตรงมากกว่ามนุษย์ หรือยังช่วยลดความผิดพลาดในการทำงานของมนุษย์ได้อีกด้วย ซึ่งการนำแขนกลเข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะงานด้านการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีลักษณะงานซ้ำไปซ้ำมา โดยทั่วไปการสั่งงานเพื่อให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อหยิบจับชิ้นงานนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการระบุตำแหน่งที่อยู่ของชิ้นงานก่อน ซึ่งมีข้อจำกัดที่ชิ้นงานจำเป็นที่จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน แขนกลจึงจะสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง

ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเป็นที่มาในการจัดทำโครงงานชิ้นนี้ โดยการนำระแบบแมชชีนวิชชั่นซึ่งเป็นระบบที่ใช้ภาพเคลื่อนไหวเพื่อระบุตำแหน่งของชิ้นงาน แล้วจึงนำตำแหน่งที่ได้สั่งงานให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการระบุตำแหน่งของชิ้นงาน ร่วมทั้งยังสามารถเคลื่อนที่ไปยังชิ้นงานที่มีตำแหน่งที่ไม่แน่นอนได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะการออกแบบ การสร้าง และการใช้งานหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต
2. เพื่อศึกษาทฤษฎีการเคลื่อนที่ (จลศาสตร์) ของหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต
3. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานระบบแมชชีนวิชั่นกับหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบหลักการออกแบบ การสร้าง และการใช้งานหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต
2. ได้ทราบทฤษฎีการเคลื่อนที่ (จลศาสตร์) ของหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต
3. ได้ทราบหลักการทำงานของระบบแมชชีนวิชั่น

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. สร้างหุ่นยนต์แขนกลโดยเป็นหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต 6 แกนและแต่ละแกนเคลื่อนที่ด้วยโซเวอร์มอเตอร์โดยใช้ Arduino ควบคุม
2. ศึกษาสมการการเคลื่อนที่ (จลศาสตร์) ของหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลต
3. สามารถควบคุมหุ่นยนต์แขนกลแบบอาร์ติคูเลตให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษา ขอบเขตของการศึกษาและการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ในแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องของหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแขนกลในอุตสาหกรรม ระบบแมชชีนวิชั่น หลักจลศาสตร์และการเขียนโปรแกรม รวมทั้งการนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงงาน

บทที่ 3 หลักการออกแบบแขนกล หลักการออกแบบวงจรควบคุม และหลักการเขียนโปรแกรม

บทที่ 4 การทดลองและแสดงผลการทดสอบของระบบหุ่นยนต์แขนกล

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป สรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของแขนกลในอุตสาหกรรม

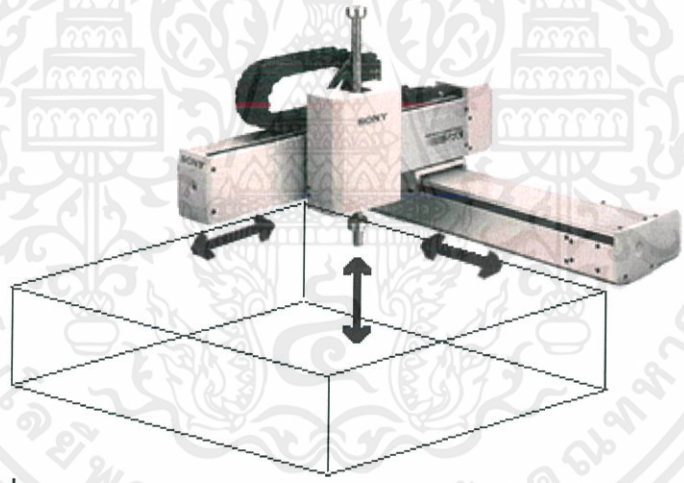
โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) ของหุ่นยนต์ อุตสาหกรรมซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

2.1.1 แขนหุ่นยนต์โครงสร้างอนุกรม (Serial Link Manipulator)

เป็นแขนหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อที่มีต้นกำลังขับเคลื่อนต่อกันไปเรื่อยๆ แบบอนุกรม ตัวอย่าง แขนหุ่นยนต์โครงสร้างอนุกรม

2.1.1.1 Cartesian (Gantry) Robot

แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นหุ่นยนต์ชนิด Gantry แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่น เรียกว่า ชนิด Cartesian ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 Cartesian Robot Work Envelop of Cartesian Robot

ข้อดี

1. เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ
2. การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย
3. มีส่วนประกอบง่ายๆ
4. โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

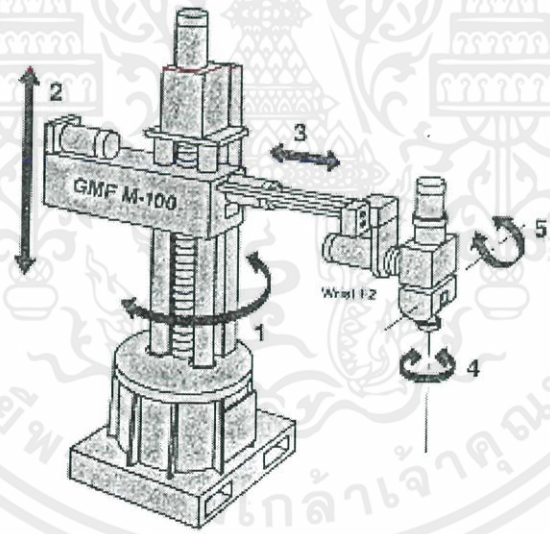
1. ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
2. บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์
3. ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้
4. แกนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนักๆ หรือเรียกว่างาน Pick-And-Place เช่น ใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine Loading) ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่างๆ

2.1.1.2 Cylindrical Robot

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล่) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบ Prismatic ส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุน (Revolute) ทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Cylindrical Robot Work Envelop of Cylindrical Robot

ข้อดี

1. มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย
3. สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่ได้มีการเปิด – ปิดหรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

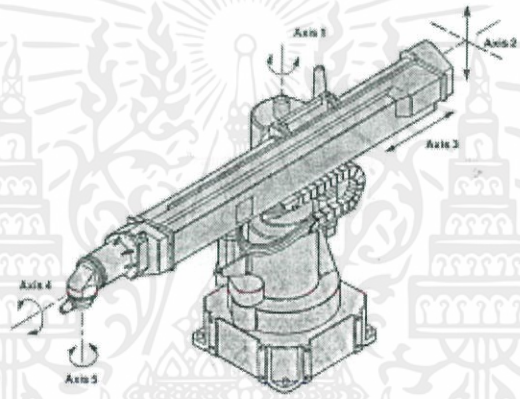
1. มีพื้นที่ทำงานจำกัด
2. แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

การประยุกต์ใช้งาน

โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักรเพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็กๆ ได้สะดวก

2.1.1.3 Spherical Robot (Polar)

มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute Joint) คือแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 2 (ไหล่) ส่วนแกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Spherical Robot Work Envelop of Spherical Robot

ข้อดี

1. มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแกนที่ 2 (ไหล่)
2. สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

ข้อเสีย

1. มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบที่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อนขึ้น

การประยุกต์ใช้งาน

ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั๊ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 SCARA Robot

หุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) จะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้งและแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) หุ่นยนต์ SCARA จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 SCARA Robot Work Envelop of SCARA Robot

ข้อดี

1. สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว
2. มีความแม่นยำสูง

ข้อเสีย

1. มีพื้นที่ทำงานจำกัด
2. ไม่สามารถหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่างๆได้
3. สามารถยกน้ำหนัก (Payload) ได้ไม่มากนัก

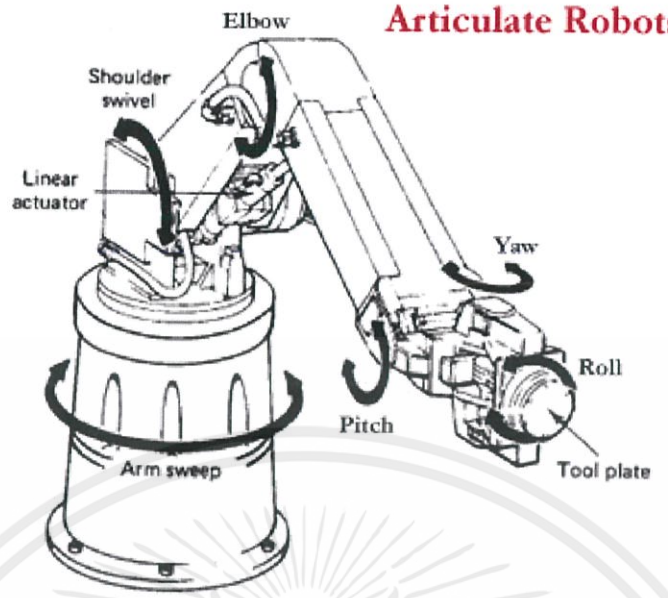
การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็ว จึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการการหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical Part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้ SCARA Robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

2.1.1.5 Articulated Arm (Revolute)

ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบนท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Articulated Arm Robot Work Envelop of Articulated Robot

ข้อดี

1. เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะของการหมุน ทำให้มีความยืดหยุ่นสูงในการที่จะเข้าไปยังจุดต่างๆ
2. บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำ ได้ง่าย
3. มีพื้นที่การทำงานมาก
4. สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง
5. เหมาะกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นชุดขับเคลื่อน

ข้อเสีย

1. มีระบบพิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความเข้าใจได้ยากขึ้น
3. ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก
4. โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณขอบ Work Envelope ปลายแขนจะมีการสั่น ทำให้ความแม่นยำลดลง

การประยุกต์ใช้งาน

หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวาง เพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่างๆ ได้ดี เช่น งานเชื่อม Spot Welding, Path Welding, งานยกของ, งานตัด, งานทากาว, งานที่มีการเคลื่อนที่ยากๆ เช่น งานพ่นสี งาน Sealing ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 แขนหุ่นยนต์โครงสร้างขนาน (Parallel Link Manipulator)

เป็นแขนหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อที่มีต้นกำลังขับเคลื่อนหลายตัวอยู่บริเวณฐาน และมีโครงสร้างข้อต่อจากต้นกำลังแต่ละตัวไปยังปลายแขนเป็นโครงสร้างแบบปิดเป็นวงรอบ ตัวอย่าง แขนหุ่นยนต์โครงสร้างขนาน

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work Envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ได้

2.2 จลศาสตร์ (Kinematics)

จลศาสตร์(Kinematics) เป็นการศึกษาถึงตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) และความเร่ง (Acceleration) ของจุดรวมถึงความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) และความเร่งเชิงมุม (Angular Acceleration) ของวัตถุซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะเป็นที่จะใช้อธิบายถึงลักษณะของวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid Body) ตำแหน่งของวัตถุที่สามารถบอกได้จากตำแหน่งของจุดที่อยู่บนวัตถุ ประกอบกับตำแหน่งเชิงมุม (Angular Position) ของวัตถุนั้น

2.2.1 หลักการพื้นฐาน

จลศาสตร์คือ การศึกษาทางด้านเรขาคณิต (Geometry) โดยเฉพาะการเคลื่อนที่ของกลไกในหุ่นยนต์ โดยไม่คำนึงถึง แรง (Force) หรือกลไก (Mechanisms) ซึ่งการต่อเชื่อมกันนั้นจะสามารถนำเฟรมของแต่ละส่วนมาทำการต่อกันจนได้ความสัมพันธ์ของโครงสร้างทั้งหมด แล้วจะนำมาทำการคำนวณหาการเคลื่อนที่

2.2.2 จุดเชื่อมต่อ

จุดเชื่อมต่อหรือลิงค์ (Link) คือ จุดเชื่อมต่อกันของส่วนต่างๆ ในวัตถุ โดยที่การคำนวณหาการเคลื่อนที่ของวัตถุจะพิจารณาจากชุดเชื่อมต่อทีละคู่ ซึ่งในหนึ่งจุดเชื่อมต่อจะแทนด้วยความสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งมิติอิสระ (One Degree of Freedom) ซึ่งหุ่นยนต์ที่มีจำนวนของมิติอิสระเป็น n จำนวนก็จะใช้จุดเชื่อมต่อทั้งหมด n จุด วิธีการคำนวณจะทำการจับคู่ตั้งแต่จุดเชื่อมที่ n ต่อกับจุดเชื่อมที่ n - 1 ไปจนกระทั่งถึงจุดเชื่อมที่ศูนย์หรือฐานของหุ่นยนต์ (Base) เป็นลักษณะการเชื่อมต่อกันของลูกโซ่ (Chain) ซึ่งในแต่ละช่วงของจุดเชื่อมต่อจะมีตัวแปรที่นำมาใช้ในการออกแบบ ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์โดยจะประกอบด้วย ความยาวของลิงค์ (Link Length) มุมที่บิดไปของลิงค์ (Link Twist) ค่าความคลาดเคลื่อนของลิงค์ (Link Offset) และค่ามุมในการเลื่อนที่หรือหมุนได้ในจุดเชื่อมต่อนั้น (Joint Angle) จากรูปแสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างลิงค์สองลิงค์ซึ่งอธิบายถึงตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบระบบจลศาสตร์ของหุ่นยนต์ ซึ่งตัวแปรของลิงค์ที่นำมาใช้ในการออกแบบระบบจลศาสตร์ของหุ่นยนต์ ใช้หลักการของ Denavit-Hartenberg Notation หรือเรียกว่า D-H Parameters มาทำการออกแบบหุ่นยนต์ตั้งแต่ฐานจนถึงแขนของหุ่นยนต์ ซึ่งในแต่ละลิงค์ก็จะแทนด้วยเฟรมหนึ่งเฟรม ดังนั้นก็จะแทนได้ว่าเป็นการเชื่อมต่อกันในแต่ละเฟรม ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการที่ (2.1)

$$ {}^{i-1}_{i}T = \begin{bmatrix} cos\,\theta_i & -sin\,\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ sin\,\theta_i\,cos\,\alpha_{i-1} & cos\,\theta_i\,cos\,\alpha_{i-1} & -sin\,\alpha_{i-1} & -sin\,\alpha_{i-1}d_i \\ sin\,\theta_i\,sin\,\alpha_{i-1} & cos\,\theta_i\,sin\,\alpha_{i-1} & cos\,\alpha_{i-1} & cos\,\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1) $$

ซึ่งตัวแปรต่างๆ สามารถนิยามได้ดังนี้

a_i = ระยะทางจากแกน z_i ถึงแกน z_{i+1} วัดตามแนวแกน x_i

α_i = มุมบิดของลิงค์จากแกน z_i ถึงแกน z_{i+1} วัดตามแนวแกน x_i

d_s = ระยะทางจากแกน x_{i-1} ถึงแกน x_i วัดตามแนวแกน z_i

θ_i = มุมที่เคลื่อนที่ของลิงค์ระหว่างแกน x_{i-1} ถึงแกน x_i วัดตามแนวแกน z_i

การเคลื่อนที่ของเฟรมในแต่ละลิงค์จากสัญญาน 0 ถึงปลายสุด N หาได้จากสมการที่ (2.2)

$$ {}^{0}_{N}T = {}^{0}_{1}T\,{}^{1}_{2}T\,{}^{2}_{3}T \ldots {}^{N-1}_{N}T \quad (2.2) $$

2.3 จลศาสตร์แบบแปรผัน (Forward Kinematics)

จลศาสตร์แบบแปรผันคือ การคำนวณหาตำแหน่งที่ปลายของหุ่นยนต์ เมื่อทำการเทียบกับฐานของหุ่นยนต์ โดยการคำนวณจากสมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (Equations of Motion) คำตอบที่ออกมาจะอยู่ในรูปของจุด x, y, z หรือระบบพิกัดในแกนสามมิติ โดยใส่ค่าของมุมในแต่ละจุดเชื่อมต่อของหุ่นยนต์ ซึ่งตำแหน่งที่ได้จะนำมาแสดงในเฟรมปลายของหุ่นยนต์เมื่อทำการเทียบกับฐาน ซึ่งหลักการ Denavit-Hartenberg Notation เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณหาจลศาสตร์แบบแปรผัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 จลศาสตร์แบบผกผัน (Inverse Kinematics)

การหามุมการเคลื่อนที่ของข้อต่อ ได้นำหลักการจลศาสตร์แบบผกผัน มาใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่ง x, y, z ที่ได้จากการเคลื่อนที่ให้เป็นมุมองศาการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อ

จลศาสตร์แบบผกผันคือ การคำนวณหาค่าตัวแปรของแต่ละข้อต่อโดยกำหนดตำแหน่งปลายของแขนกลวิธีการคำนวณจลศาสตร์แบบผกผันนี้ ในบางครั้งมีได้หลายคำตอบ หรือไม่สามารถหาคำตอบได้ การคำนวณนี้ค่อนข้างยุ่งยากกว่าการคำนวณจลศาสตร์แปรผัน ซึ่งคำตอบของวิธีการคำนวณจลศาสตร์แบบผกผันนี้อาจเป็นได้ 2 รูปแบบคือ Closed Form และ Numerical Iterative Form ซึ่งโดยรูปแบบของ Closed Form นั้นสามารถหาคำตอบได้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน ซึ่งจะต้องมีการคำนวณหาค่าฟังก์ชันหรือสมการซึ่งจะยากในการคำนวณ แต่จะง่ายในการหาคำตอบเพราะสามารถแทนค่าในตัวแปรของฟังก์ชันนั้นได้โดยตรง ซึ่งวิธีการแบบ Closed From นั้นเหมาะกับหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ซึ่งจะทำให้การคำนวณหาฟังก์ชันไม่ยุ่งยากจนเกินไป ส่วนวิธีแบบการทำซ้ำเชิงตัวเลข (Numerical Iterative Form) นั้นใช้วิธีสมมติค่าตัวเลขเริ่มต้นแล้วทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าค่านั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรืออีกนัยหนึ่งคือ ค่านั้นคอนเวิร์ด (Converge) หรือลู่สู่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะไม่ต้องคำนวณหาฟังก์ชันหรือสมการ แต่จะเป็นการยากในการหาคำตอบเพราะในบางครั้งอาจหาคำตอบไม่ได้ แต่วิธีการนี้จะใช้กับหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อในการเคลื่อนที่มากเพราะไม่ต้องคำนวณหาค่าฟังก์ชัน แต่จะเป็นการเลือกสุ่มค่าตัวเลข

2.5 เซอร์โวมอเตอร์

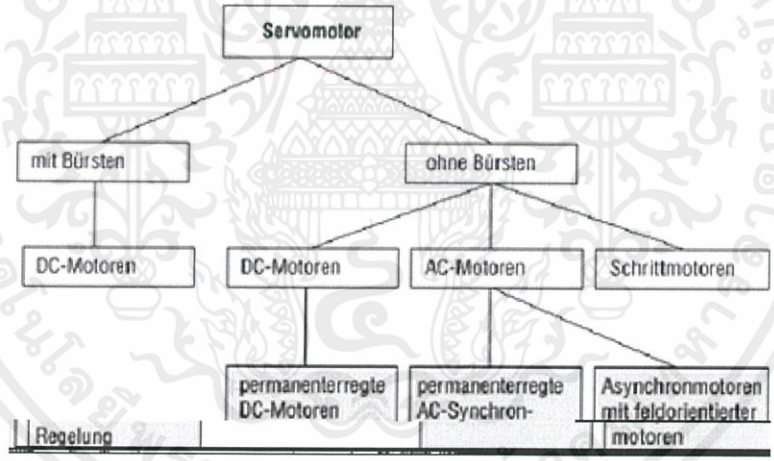
เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกลหรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่ (หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ขนาดของ Servo Motor จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) Servo Motor ของ Panasonic จะมีขนาดตั้งแต่ 50W-15kW ทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งานดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

2.5.1 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

โดยทั่วไปจะมีทั้งดีซีและเอซีเซอร์โว ในเครื่องจักรรุ่นเก่าๆ จะพบว่า DC Servo Motor มี การใช้เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมมากกว่า AC Servo Motor เนื่องจากช่วงที่ผ่านมาการควบคุมกระแสสูงๆ นั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขีดความสามารถให้ตัดต่อ กระแสสูงและใช้งานที่ความถี่ได้สูงๆ ขึ้น จึงทำให้ระบบควบคุมทางเอซีและระบบเซอร์โวได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกประเภทของเซอร์โวได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 นิยามตามคู่มืออ้างอิงเซอร์โวฉบับภาษาเยอรมัน

2.5.1.1 มอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์ เหมือนกับดีซีมอเตอร์ทั่วไป

2.5.1.2 เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน

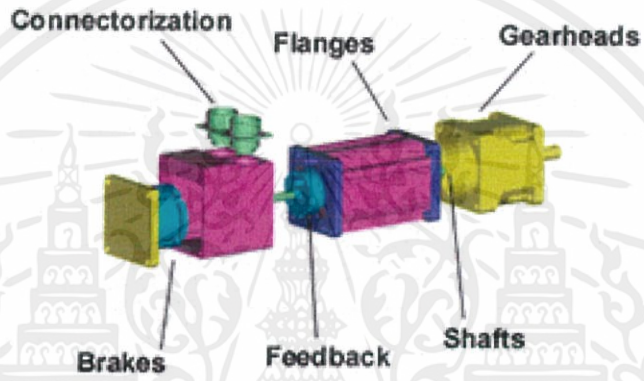
เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยดีซีเซอร์โว (DC Brushless Servo โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร) เอซีเซอร์โว (AC Servo) ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โวอะซิงโครนัสเซอร์โว (การนำอินดัคชั่นมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์) และสเตปปิ้งเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โวก็คือ การใช้งานจะต้องเป็นแบบ Closed Loop เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบ Open Loop ได้เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุมจะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโค๊ดเตอร์ (Encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค๊ดเตอร์ ถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ (Package ซึ่งมี Encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของ AC Servo Motor

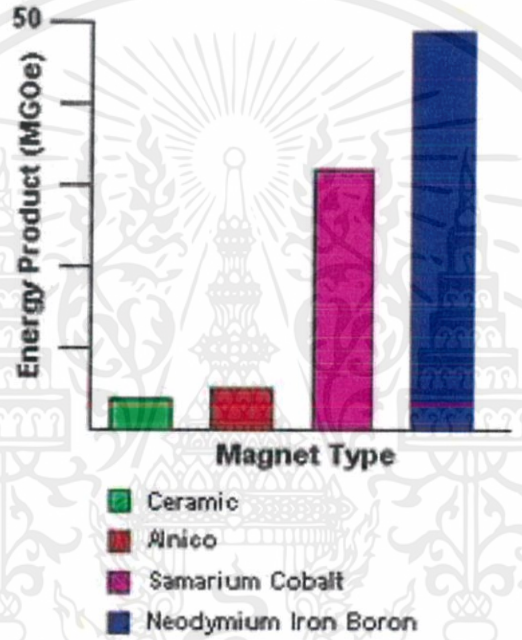
Gearheads = เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด
Shafts = เพลาของมอเตอร์
Flanges = หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์
Feed Back = อุปกรณ์ป้อนกลับหรือ Encoder
Connectorization = ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์ และขั้วต่อสายสำหรับ Encoder
Brakes = ชุดเบรก

โครงสร้างของ AC Servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่วๆ ไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพันและไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่านไม่เกิดประกายไฟ เนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

สำหรับวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวรนี้จะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับราคาและเทคโนโลยีของบริษัท ผู้ผลิตนั้นๆ ซึ่งมีตั้งแต่ชนิดที่ราคาถูกเช่น เซรามิก (เฟอไรต์) จนถึงการใช้วัสดุที่มีราคาแพง อย่างเช่น ซามาเรียม โคบอลต์ หรือ นีโอไดเมียม เป็นต้น (ปัจจุบันเอซีเซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุสาร แม่เหล็กแบบนีโอไดเมียม เนื่องจากมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก และความเหมาะสมเรื่องราคาดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุสารแม่เหล็กแบบอื่นๆ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวร

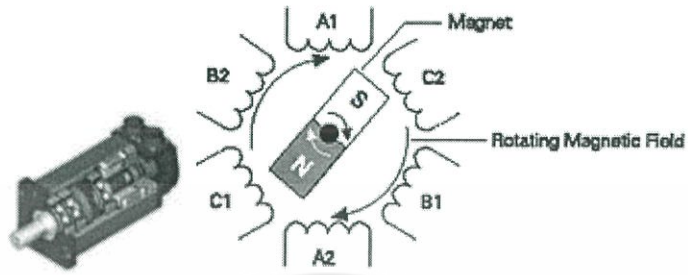
2.5.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส กล่าวคือเมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์ และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซี แต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีซี่คอมมิวเตอรเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

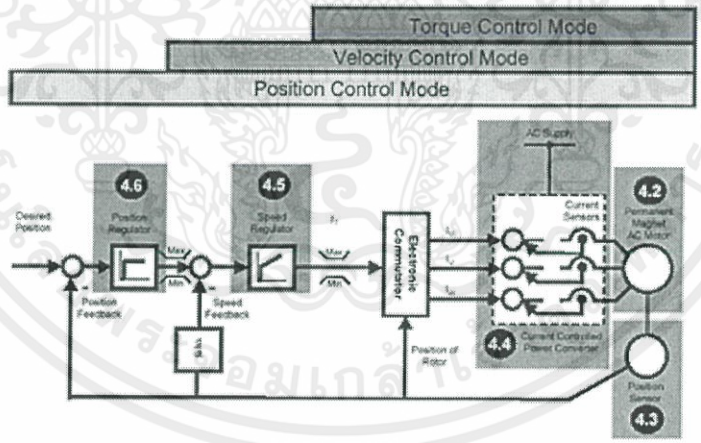
(PMSM) ซึ่งหมายถึงซิงโครนัสมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน บ้างก็เรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo Motor) หรือบ้างก็เรียกสั้นๆ ย่อๆ ว่า AC Brushless หรือ Brushless Motor ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างและการทำงานของ AC Servo Motor

2.5.4 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed Loop Control) ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญๆ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

1. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) (ตำแหน่ง 4.2)

2. ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive, Servo Amplifier หรือบ้างก็เรียกว่า Servo Controller) (ตำแหน่ง 4.4, 4.5, 4.6)

3. อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device เช่น Speed Encoder และ Position Sensor) (ตำแหน่ง 4.3)

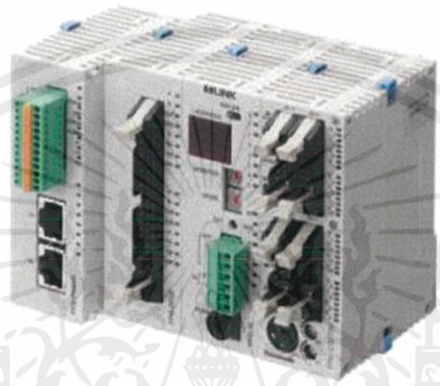
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานเพียงตัว Servo Motor เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้ Servo Motor จะควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

2.5.5.1 คอนโทรลเลอร์ (Controller)

หลักการทำงานหลักๆ หน้าที่ของ Controller คือ มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ Servo Motor นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่และระยะทาง ใกล้หรือไกลแค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว Servo Motor ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 คอนโทรลเลอร์ (Controller)

2.5.5.2 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)

หน้าที่ของ Servo Driver คือ จะรับสัญญาณมาจาก Controller และสั่งการให้กับตัว Servo Motor เคลื่อนที่ตามที่ Controller สั่งการมา แต่ทำไม Controller ไม่สั่งการควบคุมไปที่ Servo Motor โดยตรง เนื่องจาก Servo Driver จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัว Servo Motor ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุมไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็ว (Speed Control), แรงบิด (Torque) และตำแหน่ง (Position Control) ตัว Servo Driver จะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับตัว Servo Motor ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้ Servo Motor ก็จะต้องมี Servo Driver เสมอ ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

2.6.1 ความหมาย

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC : Integrated Circuit) ที่มีโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผล แล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียว ซึ่งอาจจะเรียก ได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนา แยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุมคือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็นเช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไป ด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสาร อนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปดังสมการที่ 2.3

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O} \qquad (2.3)$$

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่นๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

1. ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
2. ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
3. วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
4. มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
5. ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม

2.6.2 Arduino Uno R3

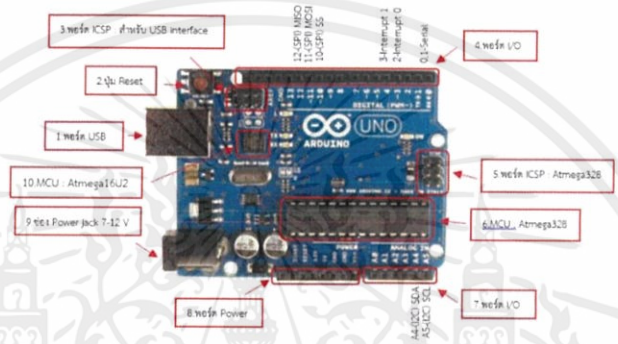
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด

2.6.2.1 คุณสมบัติของ Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 เป็น Microcontroller Board (MCU) ที่ใช้ ATmega328 เป็น MCU หลักที่รวบรวมอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานของ CPU ไว้มากมาย อาทิเช่น Analog to Digital, SPI, UART, Timer, Counter และ PWM ซึ่งอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานเหล่านี้ทำให้ MCU สามารถทำงานได้กว้างขวาง มีขา Digital 14 ขา อินพุต/เอาต์พุต (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา) มีขา Analog อินพุตได้ 6 ขา, Run ที่ความถี่ 16 MHz มี USB Connector และ Power Jack DC



รูปที่ 2.14 Layout & Pin Out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)

1. USBPort : ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button : เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com Port บน Atmega16U2

4. I/OPort : Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0, 1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port : Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU : Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/OPort : นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port : ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5 V, GND, V_{in}

9. Power Jack : รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Switching Power Supply

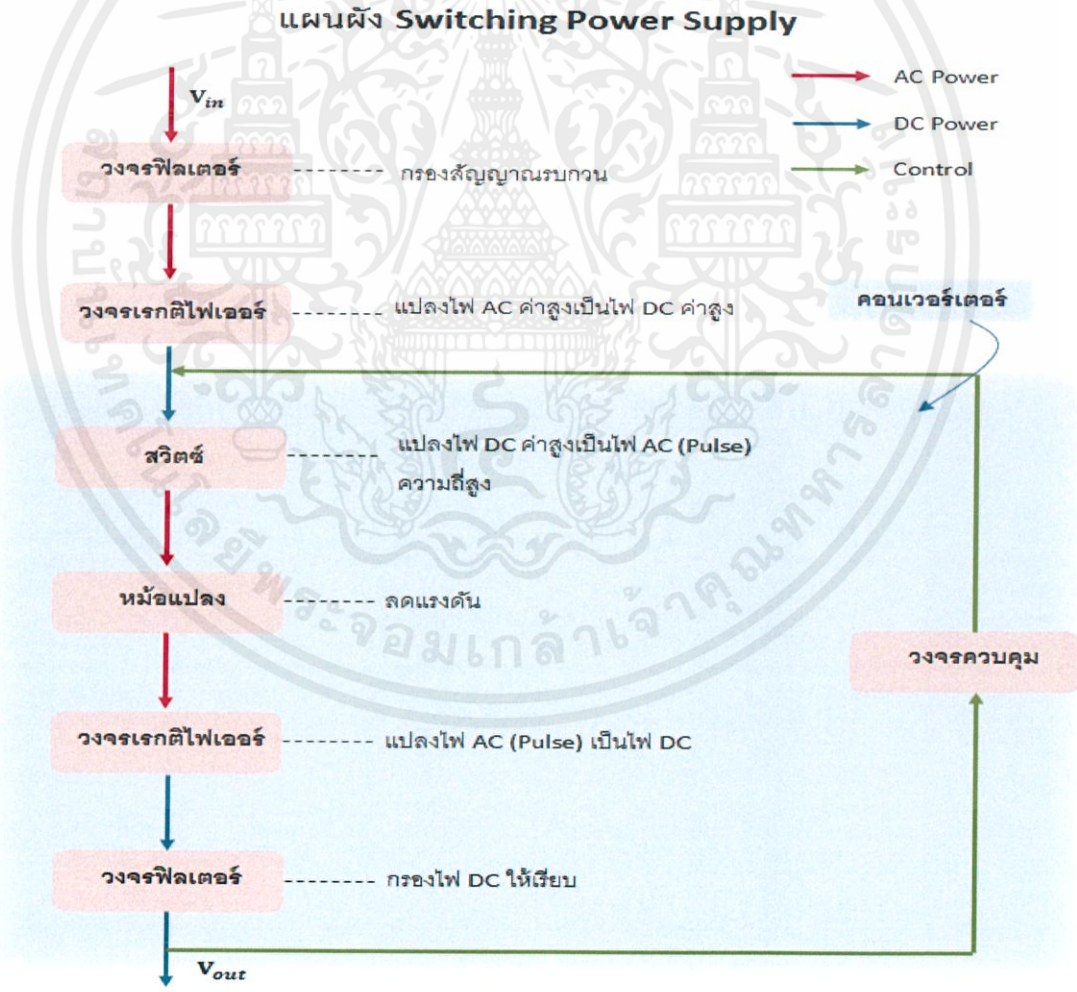
ในปัจจุบัน ได้มีการใช้เทคโนโลยีแหล่งจ่ายกำลัง Switch ชิ่งกันอย่างแพร่หลาย ซึ่ง Switching Power Supply นั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำได้ ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานของ Switch Power Supply นั้นโดยทั่วไปจะคล้ายกันและสิ่งที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบนี้คือ คอนเวอร์เตอร์

Switching Power Supply จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1.วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง

2. คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำ

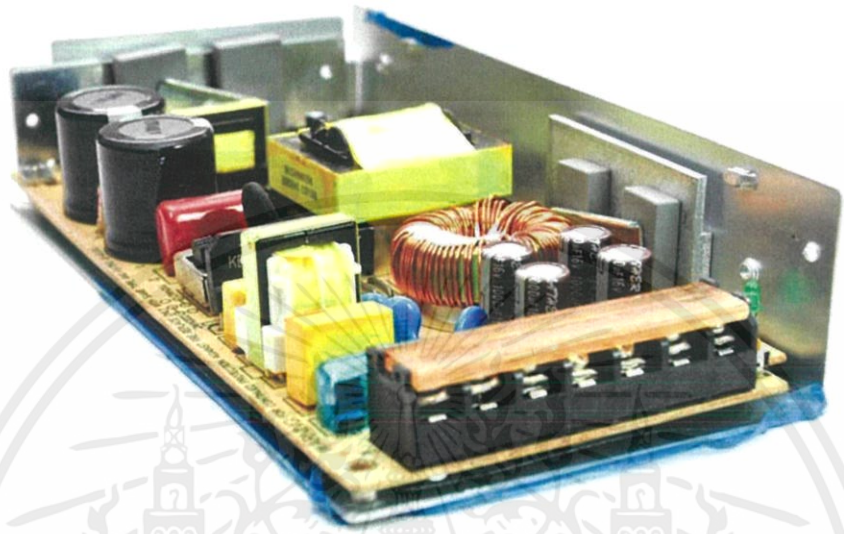
3. วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แผนผัง Switching Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคงค่าแรงดันจะทำโดยการป้อนค่าแรงดันที่ Output กลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้การนำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ Output ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดัน Output คงที่ได้ ดังรูปที่ 2.16

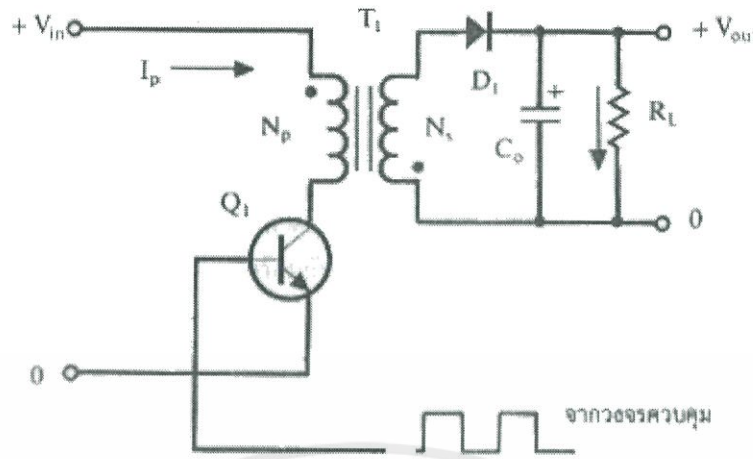


รูปที่ 2.16 วงจร Power Supply

เวอร์เตอร์ที่ใช้ซึ่งรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์นั้นมีมากมาย แต่ที่จะกล่าวถึงนี้จะเป็นรูปแบบคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมของ Switching Power Supply ซึ่งจะมีด้วยกัน 5 รูปแบบดังนี้

1. Flyback Converter : เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นเหมือน Switch และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้ทางขาเบส เมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จึงอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส จึงทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 จะยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดทุติยภูมิและมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Co และโหลดได้ ค่าของแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่การทำงานของ Q1, ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 และอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลงและค่าของแรงดันที่อินพุต ดังรูปที่ 2.17

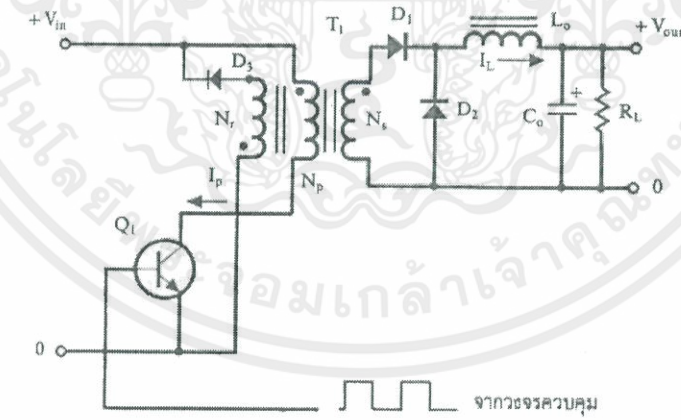
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 วงจร Flyback Converter

Flyback Converter มีโครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน นิยมในงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าด้านออกต่ำๆ โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150W อุปกรณ์น้อยและมีราคาถูก ข้อเสียคือจะมีแกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้าด้านออกที่เพิ่มขึ้นได้ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Switch ของวงจรฟลายแบ็กยังมีค่าสูง

2. Forward Converter: มีลักษณะใกล้เคียงกับ Flyback Converter แต่พื้นฐานการทำงานจะแตกต่างกันตรงที่หม้อแปลงใน Forward Converter จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส ดังรูปที่ 2.18

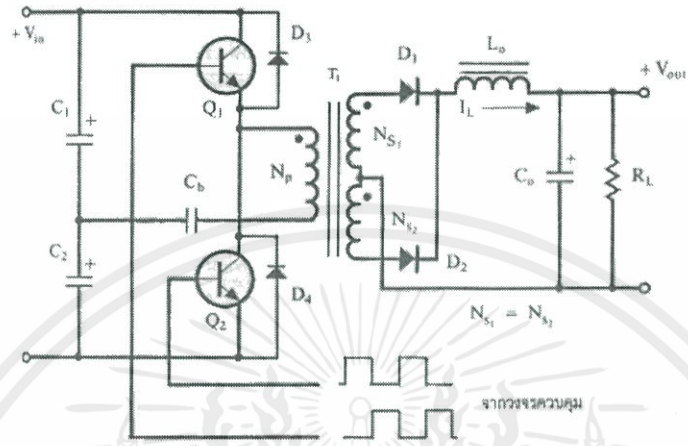


รูปที่ 2.18 วงจร Forward Converter

Forward Converter นิยมใช้กับกำลังไฟฟ้าที่มีขนาด 100-200W การเชื่อมต่อสำหรับการควบคุม Switch และการส่งออกของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง และการแก้ไขและการกรองวงจรซับซ้อนกว่า Fly Back Converter แกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีขนาดเล็ก ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม Switch มีค่าสูงและต้นทุนในการผลิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

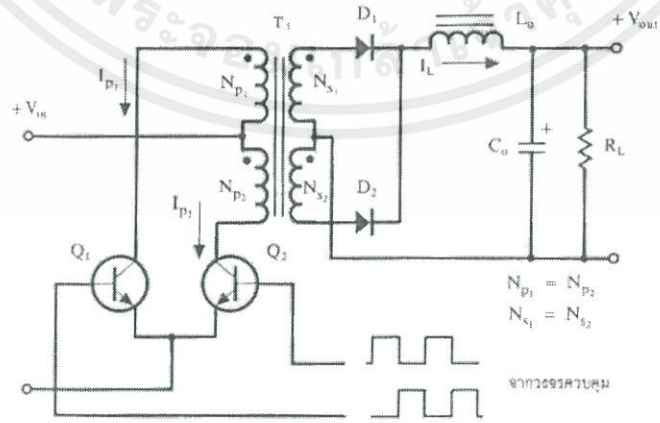
3. Push-Pull Converter : คอนเวอร์เตอร์แบบนี้จะเปรียบเสมือนการนำ Forward Converter สองชุดมาทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อม ในขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับ Fly Back Converter และ Forward Converter ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 วงจร Push-Pull Converter

Push-Pull Converter เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังได้สูงซึ่งจะอยู่ในช่วง 200-1000W ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและปัญหาแกนแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัว เนื่องจากความไม่สมมาตรของฟลั๊กในแกนแม่เหล็ก ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย

4. Half-Bridge Converter : เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่อยู่ในตระกูลเดียวกับ Push-Pull Converter แต่ลักษณะการจัดวงจรจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้ลดข้อจำกัดเมื่อใช้กับระบบแรงดันไฟสูงได้มาก รวมทั้งยังไม่มีปัญหาการไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้ด้วย ดังรูปที่ 2.20

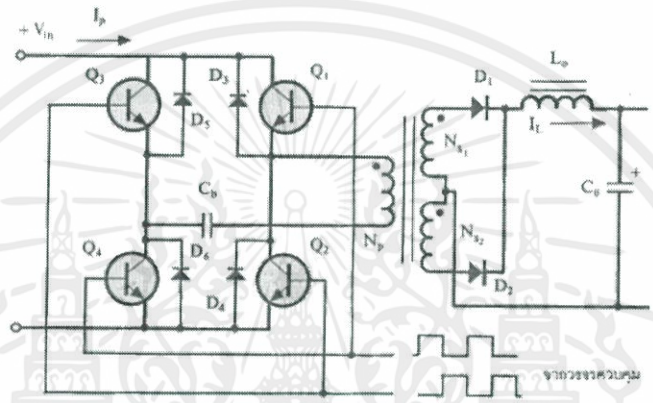


รูปที่ 2.20 วงจร Half–Bridge Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Half-Bridge Converter นิยมใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง มีข้อดีเหมือนวงจรพุช - พูล ยกเว้นค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์จะมีค่าเท่ากับ v_s เท่านั้น

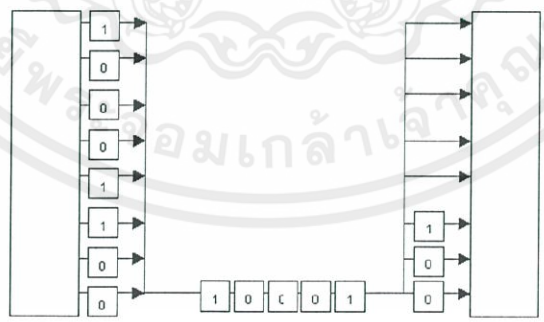
5. Full-Bridge Converter : คอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ในขณะทำงานจะมีแรงดันตกคร่อมขดปฐมภูมิเท่ากับแรงดันอินพุต แต่แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตเท่านั้น และค่ากระแสสูงสุดที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวนั้น มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่ากระแสสูงสุดใน Half-Bridge Converter ที่กำลังขาออกเท่ากัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่จะลดน้อยลงไป **Full-Bridge Converter** จะสามารถให้กำลังไฟฟ้าที่มีค่าสูงมาก ตั้งแต่ 500-1000W ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 วงจร Full–Bridge Converter

2.8 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

รูปแบบการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิตที่เข้ารหัสแทนข้อมูลหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับกันไปทีละบิตในสายส่งเพียงเส้นเดียว ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

ตัวอักษรจะประกอบด้วย 8 บิต เรียงเป็นลำดับ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิตระหว่างต้นทางและปลายทาง และปลายทางจะรวบรวมบิตเหล่านี้ทีละบิตจนครบ 8 บิต เป็น 1 ตัวอักษร จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนาน แต่ค่าใช้จ่ายจะถูกกว่าแบบขนาน ซึ่งเหมาะสำหรับการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทางไกลๆ โดยทั่วไปแล้วการส่งข้อมูลนั้นจะประกอบไปด้วยกลุ่มของตัวอักษร ดังนั้นในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้จึงเกิดปัญหาขึ้นว่า แล้วต้นทางและปลายทางจะทราบได้อย่างไรว่า จะแบ่งแต่ละตัวอักษรตรงบิตใด จึงเกิดวิธีการสื่อสารข้อมูลขึ้น 2 แบบคือ การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) และการสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ การใช้ช่องทางการสื่อสารเพียง 1 ช่อง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง แต่ข้อเสียคือ ความเร็วของการส่งที่ต่ำ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เช่น โมเด็มจะใช้การส่งแบบอนุกรม เนื่องจากในสัญญาณโทรศัพท์มีสายสัญญาณเส้นเดียว และอีกเส้นหนึ่งเป็นสายดิน

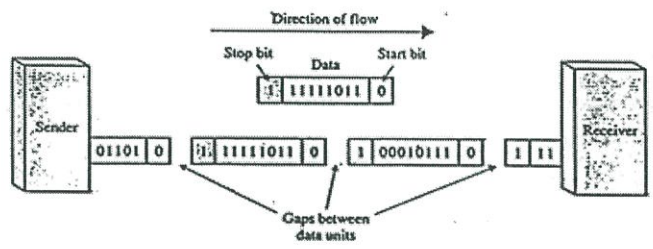
2.8.1 การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ในการโอนถ่ายข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิต ระหว่างจุดส่งและจุดรับ การส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนาน การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม ต้องการตัวกลางสำหรับการสื่อสารเพียงช่องเดียว หรือสายเพียงคู่เดียว ค่าใช้จ่ายจะถูกกว่าแบบขนาน สำหรับการส่งระยะทางไกลๆ โดยเฉพาะเมื่อมีระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์ไว้ใช้งานอยู่แล้ว ย่อมเป็นการประหยัดกว่าที่จะทำการติดต่อสื่อสารทีละ 8 ช่อง เพื่อการถ่ายโอนข้อมูลแบบขนาน การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรมจะเริ่มโดยข้อมูลจากจุดส่ง จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณอนุกรมเสียก่อน แล้วค่อยทยอยส่งออกทีละบิตไปยังจุดรับ และที่จุดรับจะต้องมีกลไกในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่รับมาทีละบิต ให้เป็นสัญญาณแบบขนานซึ่งลงตัวพอดี เช่น บิตที่ 1 ลงที่บัสข้อมูลเส้นที่ 1

2.8.2 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

2.8.2.1 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) เป็นการส่งข้อมูลที่ผู้รับและผู้ส่งไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน แต่ข้อมูลที่รับต้องถูกแปลตามรูปแบบที่ได้ตกลงกันไว้ก่อน เนื่องจากไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกันทำให้ผู้รับไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเมื่อใดจะมีข้อมูลส่งมาให้ ดังนั้นผู้ส่งจึงจำเป็นต้องแจ้งผู้รับให้ทราบว่าจะมีการส่งข้อมูลมาให้โดยการเพิ่มบิตพิเศษเข้ามาอีกหนึ่งบิต เอาไว้ก่อนหน้าบิตข้อมูล เรียกว่า บิตเริ่ม (Start Bit) โดยทั่วไปมักใช้บิต 0 และเพื่อให้ผู้รับทราบจุดสิ้นสุดของข้อมูลจึงต้องมีการเพิ่มบิตพิเศษอีกหนึ่งบิตเรียกว่า บิตจบ (Stop Bit) มักใช้บิต 1 นอกจากนี้แล้วการส่งข้อมูลแต่ละกลุ่มต้องมีช่องว่างระหว่างกลุ่ม โดยช่องว่างระหว่างไบต์อาจใช้วิธีปล่อยให้ช่องสัญญาณว่าง หรืออาจใช้กลุ่มของบิตพิเศษที่มีบิตจบก็ได้ รูปต่อไปนี้แสดงการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ให้บิตเริ่มเป็นบิต 0 บิตจบเป็นบิต 1 และให้ช่องว่างแทนไม่มีการส่งข้อมูล (สายว่าง) ดังรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

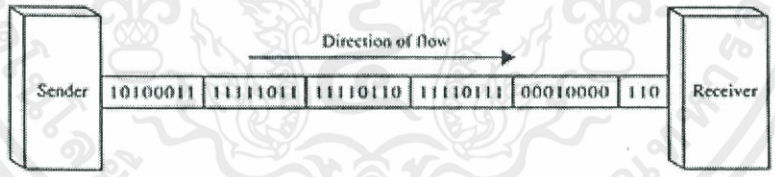


(ที่มา : Fourouzan, 1998 : 124)

รูปที่ 2.23 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส มี 2 ประการ คือ ค่าใช้จ่ายถูกและมีประสิทธิภาพ การส่งข้อมูลแบบนี้จะนำไปใช้ในการสื่อสารที่ต้องการใช้ความเร็วไม่สูงนัก ตัวอย่างเช่น การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องปลายทาง (terminal) ที่โดยธรรมชาติแล้วเป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส เพราะผู้ใช้จะพิมพ์ทีละ 1 ตัวอักษรจากเครื่องปลายทางไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์จึงไม่ต้องใช้ความเร็วสูงในการติดต่อสื่อสาร

2.8.2.2 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) เป็นการส่งบิต 0 และ 1 ที่ต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการแบ่งแยก ผู้รับต้องแยกบิตเหล่านี้ออกมาเป็นไบต์ หรือเป็นตัวอักษรเอง ดังรูปที่ 2.24



(ที่มา : Fourouzan, 1998 : 125)

รูปที่ 2.24 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

จากรูปที่ 2.24 ภาพแสดงการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ผู้ส่งทำการส่งบิตติดต่อกันยาวๆ ถ้าผู้ส่งต้องการแบ่งช่วงกลุ่มข้อมูลก็ส่งกลุ่มบิต 0 หรือ 1 เพื่อแสดงสถานะว่าง เมื่อแต่บิตมาถึงผู้รับ ผู้รับจะนับจำนวนบิตแล้วจับกลุ่มของบิตให้เป็นไบต์ที่มี 8 บิต

การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอะซิงโครนัสมาก และทำให้มีการใช้ความสามารถของสายสื่อสารได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสคือความเร็วในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะไม่มีบิตพิเศษหรือช่องว่างที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เมื่อถึงผู้รับ จึงทำให้ความเร็วของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสเร็วกว่าแบบอะซิงโครนัส ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำไปใช้งานที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

2.8.3 ทิศทางในการไหลของข้อมูล (Direction of Data Flow)

2.8.3.1 การสื่อสารแบบทางเดียว (Simplex : SPX)

เป็นการสื่อสารแบบทางเดียว มีทิศทางการไหลของสัญญาณเป็นทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ มีเพียงอุปกรณ์ตัวเดียวเท่านั้นที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล อุปกรณ์ตัวอื่นทำหน้าที่รับข้อมูลอย่างเดียว

2.8.3.2 การสื่อสารแบบสองทางครึ่งอัตรา (Half Duplex : HDX)

เป็นการสื่อสารแบบสองทาง แต่ส่งได้ทีละทาง โดยแต่ละสถานีทำหน้าที่ได้ทั้งรับและส่งข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ใดทำหน้าที่เป็นผู้ส่ง อุปกรณ์ตัวอื่นจะทำหน้าเป็นผู้รับ ไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้ ตัวอย่างของการส่งสัญญาณแบบนี้ เช่น วิทยุสื่อสารของหน่วยงานราชการ หรือตำรวจซึ่งต้องผลัดกันพูด เมื่อฝ่ายหนึ่งเป็นผู้พูดต้องกดปุ่มแล้วจึงพูดได้ เมื่อพูดเสร็จมักจะได้ยินคำว่า "เปลี่ยน" นั่นคือ เป็นการบอกให้ผู้รับทราบว่า ผู้ส่งต้องการเปลี่ยนสถานะจากผู้ส่งเป็นผู้รับ และให้ผู้รับ เปลี่ยนเป็นผู้ส่ง

2.8.3.3 การสื่อสารแบบสองทางเต็มอัตรา (Full Duplex : FDX)

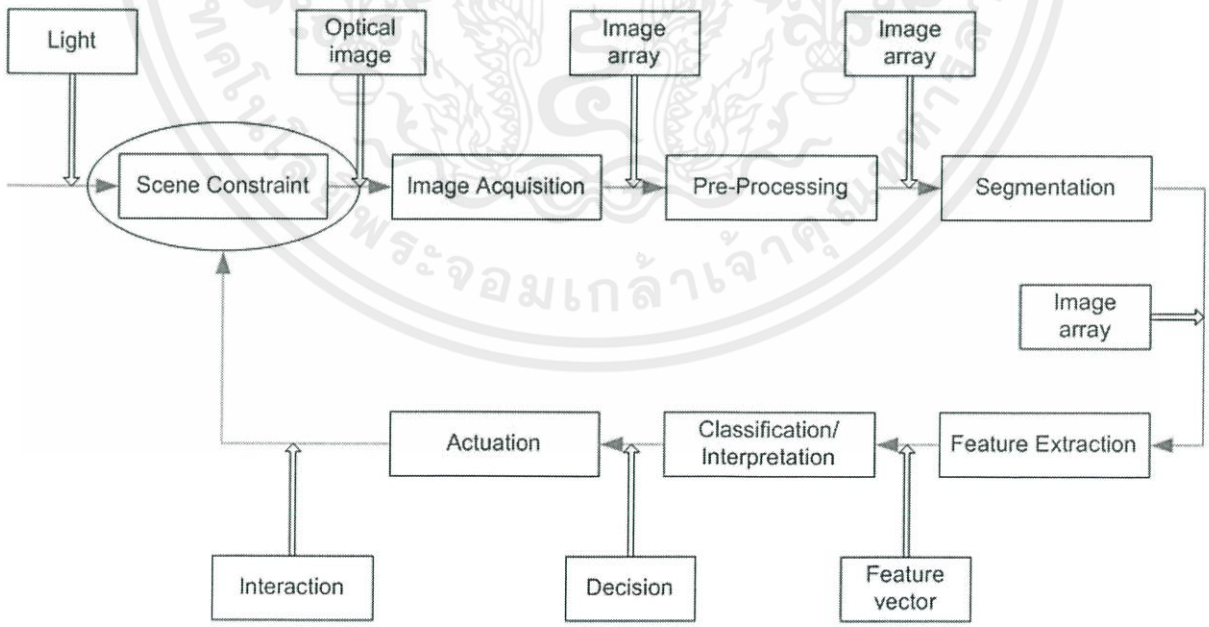
เป็นการสื่อสารแบบสองทาง แต่รับส่งได้พร้อมๆ กัน หมายความว่า สถานีทั้ง 2 สถานีสามารถส่งและรับข้อมูลได้พร้อม ๆ กัน และตัวกลางที่ใช้ทั้ง 2 ฝั่ง อาจใช้ร่วมกันหรือแบ่งแยกเป็นสายสำหรับรับ กับสายสำหรับส่งก็ได้ การสื่อสารแบบนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอื่นๆ เพราะไม่เกิดการหน่วงเวลาในช่วงการเปลี่ยนสถานะระหว่างผู้รับกับผู้ส่ง

2.9 ระบบแมชชีนวิชั่น (Machine Vision)

Machine Vision เป็นวิธีการที่ทำให้อุปกรณ์ประมวลผลต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processor, DSP) มีความสามารถในการ “รับรู้” ภาพซึ่งรวมทั้งการทำให้อุปกรณ์ประมวลผลนั้นๆ สามารถตัดสินใจและสั่งงานกลไกส่วนต่างๆ ได้จากข้อมูลที่ได้จากภาพหรือกลุ่มของภาพนั้นๆ จุดมุ่งหมายสูงสุดของ Machine Vision คือ ทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลต่างๆ มีความสามารถให้ได้เทียบเท่ากับระบบการมองเห็นของมนุษย์ที่มีวิวัฒนาการต่อเนื่องกันมาหลายสิบล้านปี อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีในปัจจุบันยังคงไม่สามารถทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรสามารถ “มองเห็นและรับรู้” ได้เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น ผู้อ่านที่เป็นมนุษย์ที่มีสภาพร่างกายปกติจะสามารถแยกแยะสิ่งของที่ต้องการจากกองสิ่งของหลายอย่างๆ ได้ หรือ สามารถแยกแยะหน้าคนที่คุ้นเคยได้จากกลุ่มคนที่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีฝนตกหรือหมอกลงจัด การทำกิจกรรมดังกล่าวนั้น จะสามารถทำได้โดยแทบจะไม่ต้องใช้ความพยายามมากเท่าไรนัก ซึ่งหากต้องการให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลมีความสามารถที่จะทำกิจกรรมดังกล่าวได้นั้น นอกจากจะต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างมากแล้ว ยังต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลและสมองมนุษย์ที่แม้อุปกรณ์ประมวลผลจะมีความเร็วในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าสมองของมนุษย์มาก ดังจะเห็นได้ง่ายๆ จากการบวกเลข 20 หลักเข้าด้วยกัน จะพบว่าคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือแม้กระทั่งเครื่องคิดเลขธรรมดาๆ ทั่วไปจะสามารถทำงาน ดังกล่าวได้โดยใช้เวลาเพียงเศษเสี้ยววินาทีเท่านั้น ซึ่งต่างกับสมองของมนุษย์ที่เป็นหน่วยประมวลผลอย่างง่ายๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหน่วยย่อยๆ ของสมองมนุษย์เหล่านี้มีจำนวนมากมายมหาศาล และทำงานไปพร้อมๆ กัน (Parallel Processing) แทนที่จะทำงานทีละขั้นตอน (Serial Processing) ซึ่งเป็นวิธีการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสมองมนุษย์สูงกว่าอุปกรณ์ประมวลผลที่อยู่ใน ปัจจุบันเป็นอย่างมาก ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของระบบ Machine Vision

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 การจัดสภาพแวดล้อม (Scene Constraint)

จุดมุ่งหมายหลักของการจัดสภาพแวดล้อมของระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติ คือ เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลให้มากที่สุด ทั้งนี้ก็เนื่องจากการที่ความสามารถการ “มองเห็น” และ “รับรู้” ของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอยู่อย่างจำกัด และไม่เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์จึงต้อง “ช่วย” ลดความยุ่งยากของการประมวลผล ทั้งนี้ก็เพื่อให้อุปกรณ์ประมวลผลใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับงานที่ไม่ซับซ้อนและเท่าที่มีความจำเป็นเท่านั้น

2.9.2 การดึงข้อมูลภาพ (Image Acquisition)

หากจะกล่าวอย่างง่ายๆ แล้วกระบวนการดึงข้อมูลภาพคือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอดจนถึงการดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ ประมวลผลเพื่อที่จะได้ประมวลผล และตัดสินใจสั่งงานจากผลที่ได้ต่อไป ซึ่งกล้องที่ใช้โดยทั่วไปนั้นจะใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกกันว่า เซนเซอร์รับภาพ (Image Sensor) เพื่อใช้ในการรับภาพ เซนเซอร์ดังกล่าวมีขนาดเล็กมากเท่าเล็บมือคนเท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสงเรียงตัวกันอยู่เป็นจำนวนมาก และในทันทีทันใดที่แสงมีการตกกระทบไดโอดเหล่านี้ ไดโอดแต่ละตัวจะทำการจดจำความเข้มแสงหรือความสว่างของแสงที่ตกกระทบไดโอดแต่ละตัวไว้ โดยปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดซึ่งแปรผันกับแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดนั้น จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัว จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลที่เป็นดิจิตอลและเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่ในตัวกล้อง เพื่อรอส่งต่อให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป สำหรับไดโอดนี้เรียกกันว่า เซลล์รับภาพ (พิกเซล Pixel) ซึ่งหนึ่งเซลล์รับภาพจะให้ค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น โดยทั่วไปค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพจะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น (ช่วงข้อมูลดังกล่าวสามารถแทนด้วยข้อมูลขนาด 1 Byte หรือ 8 บิต ที่จะให้ความละเอียด 28 หรือ 256 ระดับ ซึ่งเป็นความละเอียดของกล้องที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป อย่างไรก็ตาม จะมีกล้องบางประเภทที่ให้ค่าความเข้มแสงที่มีความละเอียดสูงถึง 16 บิต โดยหากค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าที่เซลล์รับภาพนั้นมีความเข้มแสงต่ำสุดหรือเป็นด้านมืด และหากมีค่าเท่ากับ 255 ก็แสดงว่าที่เซลล์รับภาพที่ตำแหน่ง นั้นมีความเข้มแสงสูงสุดหรือเป็นด้านสว่าง ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 ความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ

เมื่อพิจารณากระบวนการทั้งหมดจะพบว่าเซลล์รับภาพแต่ละเซลล์นั้น จะให้ค่าความเข้มแสงออกมาเป็นตัวเลขที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เท่านั้น ซึ่งทำให้ได้ภาพที่เป็นโทนขาวดำหรือเรียกว่า Gray Scale Image ซึ่งกล้องสีก็ยังใช้เซลล์รับภาพเหล่านี้เช่นกัน โดยทำการแยกสีหลัก 3 สี ได้แก่ สีแดง เขียว และน้ำเงินออกจากกัน โดยการติดตั้งตัวกรองแสงสี (Filter) แต่ละสีไว้หน้าเซลล์รับภาพแล้วทำการวัด ความเข้มของแต่ละสีนั่นเอง

ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผล “มองเห็น” หลักการทำงานของกล้องก็เป็นเช่นเดียวกับระบบการมองเห็นของมนุษย์นั่นคือ ภาพเกิดจากการที่มีแสงตกกระทบวัตถุแล้วมีแสงสะท้อนจากวัตถุผ่านเลนส์เข้ามาตกกระทบเซนเซอร์รับภาพ (Image Sensor) ของกล้อง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับภาพ (Pixel) จำนวนมาก เซลล์รับภาพแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่แปลงความเข้มแสงสำหรับกรณีที่เป็นกล้องขาวดำหรือแปลงความเข้มสีของแสงสีแดง, เขียวและน้ำเงิน สำหรับกรณีของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพสีให้อยู่ในรูปของค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลอีกทีหนึ่ง อย่างไรก็ตามการทำงานของเซลล์รับภาพของกล้อง จะแตกต่างจากเซลล์รับภาพของมนุษย์อยู่ 2 ประการด้วยกันคือ จำนวนเซลล์รับภาพที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นเซนเซอร์รับภาพของกล้องนั้น มีจำนวนน้อยกว่าของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทำให้ภาพที่ได้จากกล้องนั้นมีความละเอียดน้อยกว่าของมนุษย์เป็นอย่างมาก ภาพที่ได้จากกล้องจึงเกิดการสุ่มจับภาพจริงด้วยจำนวนที่จำกัดของเซลล์รับภาพ (Spatial Sampling) นั่นเอง ค่าความเข้มแสงที่ได้จากเซลล์รับภาพ (หรือความเข้มสีในกรณีของกล้องถ่ายภาพสี) ของเซนเซอร์รับ ภาพที่อยู่ในกล้องนั้น จะเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete Value) เนื่องจากเป็นการทำงานของอุปกรณ์ดิจิตอล ซึ่งจะเป็นการสุ่มขนาดของความเข้มแสงที่ตกกระทบ (Amplitude Sampling) ไม่เหมือนกับของมนุษย์ที่มีความต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นการทำงานของสารเคมีที่อยู่ในเซลล์รับภาพ จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงทำให้ข้อมูลของภาพ Gray Scale ที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็นมีลักษณะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติ โดยที่ค่าแต่ละช่องของอาร์เรย์จะแทนความเข้มแสงหรือความเข้มสีที่ตกกระทบเซลล์รับภาพที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งค่าความเข้มแสงดังกล่าวจะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่องและโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เท่านั้น ดังรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Image} = \begin{bmatrix} I(1,1) & I(1,2) & . & . & I(1,n) \\ I(2,1) & . & & & . \\ . & & . & & . \\ . & & & . & . \\ I(m,1) & I(m,2) & . & . & I(m,n) \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.27 ค่าความเข้มแสง ณ แถว m และหลัก n ของเซนเซอร์รับภาพ

สำหรับกรณีที่เป็นกล้องถ่ายภาพสีนั้นข้อมูลของภาพจะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติจำนวน 3 อาร์เรย์ด้วยกัน และโดยทั่วไปแล้วอาร์เรย์เหล่านี้จะเก็บค่าความเข้มสีของสีแดง เขียว น้ำเงิน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละช่องของอาร์เรย์เหล่านี้ก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นกัน ดังนั้นการแทนสีที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติของอุปกรณ์ประมวลผลจะแทนด้วยค่าความเข้มสี ณ ตำแหน่งเดียวกันของอาร์เรย์ทั้งสามมาผสมกัน สำหรับตัวอย่างสีที่เกิดจากการผสมกันของสีทั้งสามนั้น จะพบว่า การผสมแสงสีดังกล่าวจะคล้ายคลึงกับวิชาศิลปะที่เป็นการผสมสีของแม่สีเข้า ด้วยกันนั่นเอง อย่างไรก็ตามการรวมกันของแสงสีที่อยู่ในอุปกรณ์ประมวลผลนั้นเรียกว่า Additive Color System ที่หากมีการรวมกันของแสงสีต่างๆ ด้วยค่าสูงสุดแล้วจะให้แสงสีขาวออกมา ในขณะที่การผสมสีในวิชาศิลปะนั้น เมื่อผสมแม่สีทั้งสามเข้าด้วยกันด้วยปริมาณที่เท่าๆ กัน จะได้สีดำออกมา ซึ่งเรียกระบบสีนี้ว่า Subtractive Color System ดังรูปที่ 2.28

รูปที่ 2.28 การแทนสีจริงด้วยค่าสีแดง สีเขียว และน้ำเงิน

เมื่อพิจารณาจากด้านสีดำ จะพบว่าค่าของสีทั้งสามเท่ากับ 0 และ เมื่อพิจารณาจากด้านสีขาวจะพบว่าค่าของสีทั้งสามเท่ากับ 255 หากสีที่เซลล์รับภาพนั้นได้รับมาเป็นสีแดงล้วน ค่าความเข้มสีของอาร์เรย์สีแดง ณ ตำแหน่ง ดังกล่าว จะมีค่าสูงสุดคือ 255 ในขณะที่ ณ ที่ตำแหน่งเดียวกันของอาร์เรย์อื่นๆ ที่เหลือจะมีค่าเป็น 0 ซึ่งจะพบว่าแบบจำลองการแทนสีดังกล่าว มีลักษณะเป็นกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี่เหลี่ยมด้านเท่า โดยที่แต่ละด้านจะมีความยาว 255 หน่วย และเรียกการแทนสีที่เกิดขึ้นจริงด้วยการผสมระหว่างสีแดง เขียว และน้ำเงินนี้ว่า RGB Color Space ซึ่งเป็นวิธีแทนสีที่เกิดขึ้นจริงของคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลผลโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีวิธีการระบุสีที่เกิดขึ้นจริงในหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอย่างสำหรับในทางปฏิบัตินั้น หากพิจารณาจากแง่ของโปรแกรม การส่งข้อมูลภาพจากกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์จะไม่ได้อยู่ในรูปของอาร์เรย์ 2 มิติแต่จะอยู่ในรูป Byte Stream ที่เป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเรียงต่อกัน โดยทั่วไปแล้วข้อมูลค่าแรก จะเป็นค่าความเข้มแสงของเซลล์รับภาพที่อยู่มุมล่างขวาของเซนเซอร์รับภาพ ในกรณีที่เป็นกล้องถ่ายภาพแบบ Gray Scale และสำหรับกรณีที่เป็นกล้องที่ถ่ายภาพสีนั้น ข้อมูลค่าแรกจะเป็นสีน้ำเงินของเซลล์รับ ภาพที่อยู่มุมล่างขวาของเซนเซอร์รับภาพ ซึ่งจะตามด้วยสีเขียวและสีแดงของจุดเดียวกันเป็นลำดับต่อเนื่องกันไป ดังนั้นโปรแกรมจะต้องทำการจัดเรียงข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเหล่านี้ให้อยู่ในรูปอาร์เรย์ 2 มิติเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการอ้างถึงตำแหน่งของข้อมูลได้ง่ายนั่นเอง

2.9.3 การประมวลภาพเบื้องต้น (Pre-Processing)

การประมวลผลภาพมีด้วยกันหลากหลายกระบวนการด้วยกัน ดังต่อไปนี้

- การลดทอนสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในภาพ
- การตรวจจับขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ
- การแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของภาพ เช่น การหมุน การเลื่อน การย่อและขยายภาพ
- การแปลงสี (Color Space Conversion)
- การวิเคราะห์ภาพในเชิงความถี่
- การบีบอัดข้อมูลภาพ

ซึ่งจะพบว่าระเบียบวิธี (Algorithm) ของวิธีประมวลภาพบางอย่างก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกใช้ระเบียบวิธีเฉพาะที่ง่ายและใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้จะสามารถเป็นจริงได้ก็ด้วยการจัดสภาพแวดล้อมในการจับภาพที่ดี

2.9.4 การแยกบริเวณ (Segmentation)

กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะร่วมกันออกเป็นส่วนๆ ซึ่งมุ่งเน้นว่า จะใช้วิธีใด หรือเงื่อน ใดในการแยกวัตถุที่สนใจออกจากฉากหลัง หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ จะใช้เงื่อนไขใดในการพิจารณาว่า พิกเซลที่กำลัง พิจารณาอยู่นั้น จัดเป็นของของวัตถุ (Objects) ใดที่อยู่ในภาพ หรือบริเวณใดที่จัดเป็นฉากหลัง (Back Ground) นอกจากนั้นยังต้องมีการคำนึงถึงการเก็บข้อมูลของวัตถุแยกออกมาให้ในรูปแบบใดจึงจะเหมาะสม สำหรับกระบวนการแยกภาพนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแยกบริเวณโดยการใช้ค่า Threshold ค่า Threshold เป็นค่าที่เป็นจำนวนเต็มที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นเดียวกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในภาพ Gray Scale สำหรับการแยกบริเวณ โดยการใช้ค่า Threshold นั้น จะเป็นการแปลงภาพ Gray Scale ให้เปลี่ยนเป็นภาพที่มีเพียงสองระดับ (Binary Image) โดยการใช้เงื่อนไขว่า ถ้าค่าความเข้มแสงที่พิกเซลตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่าหรือ เท่ากับค่า Threshold ให้ค่าพิกเซลในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเปลี่ยนเป็นด้านมืดไป และถ้าพิกเซลใดมีค่าสูงกว่าค่า Threshold แล้วให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็นค่า 255 หรือเปลี่ยนเป็นด้านสว่างไป ซึ่งการแยกบริเวณด้วย Threshold นี้ยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ การใช้ Threshold ค่าเดียวกับทั้งภาพ เรียกกันว่า Global Threshold และการแบ่งภาพออกเป็นภาพย่อยที่มีขนาดเล็กๆ ซึ่งแต่ละภาพย่อยก็จะมีค่า Threshold เป็นของตัวเอง หรือเรียกว่า Local Threshold

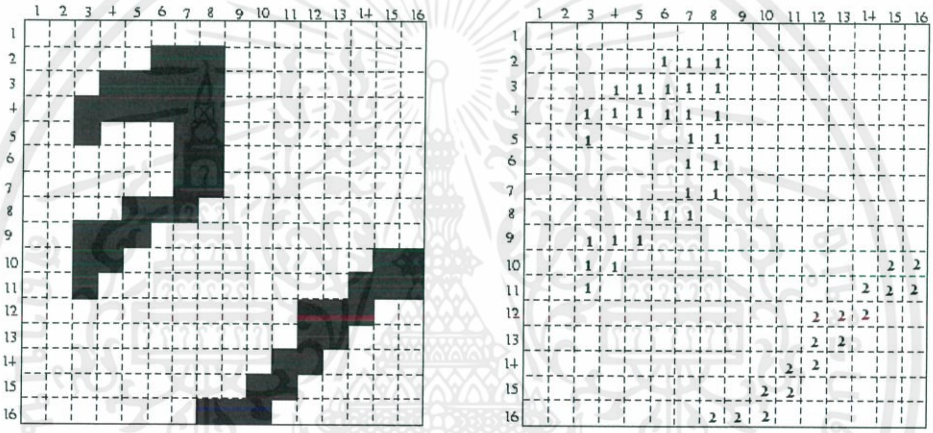
2. การแยกบริเวณโดยการใช้ขอบของวัตถุ (Edge Based Segmentation) สำหรับการแบ่งบริเวณวิธีนี้จะต้องคำนวณหาขอบของวัตถุเสียก่อน ซึ่งขอบในความหมายของการประมวลผลภาพแบบดิจิตอลนั้นคือ พิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเกินค่าที่กำหนดนั้นเอง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจจับได้โดยการใช้ตัวตรวจจับขอบ (Edge Detector) ที่มีอยู่หลากหลายชนิด ดังรูปที่ 2.29

รูปที่ 2.29 การแยกบริเวณ (Segmentation) ของเม็ดข้าวในรูปแบบต่างๆ

การใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกับทั้งภาพ (Global Thresholding) เพื่อแยกเม็ดข้าวออกจากฉากหลังนั้น จะพบว่าไม่ว่าจะเลือกใช้ค่า Threshold เท่าใด เม็ดข้าวบางเม็ดก็จะ “หายไป” จาก Binary Image ทั้งนี้เนื่องจากแสงในภาพ Gray Scale นั้นมีการกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความสว่างของแต่ละบริเวณภายในภาพไม่เท่ากัน และในทางกลับกันการแยกขอบของเม็ดข้าวโดยการใช้ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับขอบแบบ Sobel นั้นจะได้ขอบของเม็ดข้าวครบทุกเม็ดผลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นคือ บริเวณของภาพที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ซึ่งทำให้เกิดการแยกบริเวณที่เป็นวัตถุ (Object) ออกจากบริเวณที่เป็นฉากหลัง (Background) ด้วย ซึ่งผลที่ได้จริงๆ ทางกายภาพคือ ภาพที่มีความเข้มแสงเพียง 2 ระดับ (Binary Image) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละอย่างว่า ส่วนที่จัดเป็นวัตถุนั้นจะเป็นสีดำหรือสีขาว และขั้นตอนต่อไปนั้นจะทำการพิจารณาว่าพิกเซลใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อ (Connect) กัน เพื่อที่จะจัดให้พิกเซลเหล่านั้นให้อยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกัน กระบวนการย่อยนี้เรียกว่า Connected Components Labeling หรือ Connected Component Extraction ซึ่งผลที่ได้จากการทำงานของกระบวนการย่อยนี้คือ จะทำให้รู้ว่าพิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้น จัดเป็นของวัตถุชิ้นใด ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 การทำงานของกระบวนการย่อยที่ชื่อว่า Connected Components Labeling

2.9.5 การแยกองค์ประกอบ (Components Extraction)

หลังจากที่ทราบว่าพิกเซลแต่ละตำแหน่งเป็นของบริเวณหรือวัตถุใดแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญต่อมาคือ จะทำการเก็บพิกัดของพิกเซลที่จัดอยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกันเหล่านี้ได้อย่างไร ซึ่งจะมีประเด็นที่จะต้องพิจารณาอยู่ 2 เรื่องด้วยกันคือ วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซล ซึ่งจัดเป็นการบีบอัดข้อมูล (Data Compression) แบบหนึ่งที่จะต้องเลือกใช้วิธีที่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งวิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซลมีหลายแบบด้วยกัน เช่น Chain Code, Run-Length Encoding เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป และวิธีโครงสร้างของข้อมูล (Data Structure) ส่วนนี้จะเป็นกล่าวถึงการเก็บข้อมูล ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโครงสร้างที่เลือกใช้ในภาษา C++ จะเป็น Linked List ที่มีลักษณะเป็นอาร์เรย์แบบเปิด ที่สามารถเก็บข้อมูลเพิ่มได้ไม่จำกัด ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนพิกเซลที่จัดอยู่ในวัตถุเดียวกันนั้น จะไม่สามารถรู้จำนวนที่แน่นอนล่วงหน้าได้ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกบริเวณออกเป็นส่วนๆ นั้น จะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักด้วยกัน คือ การเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นแสงใกล้เคียงกับความไว (Sensitivity) หรือความสามารถในการตอบสนองต่อแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของตัวกล้อง อีกทั้งความเข้มแสงจะต้องไม่มากหรือน้อยจนเกินไป และต้องไม่ทำให้เกิดเงามืดของวัตถุขึ้นในภาพ นอกจากนั้นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ การจัดฉากหลัง (Background) ให้มีความเข้มแสงต่างกันมากๆ กับตัววัตถุที่พิจารณา เพื่อให้สามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุและส่วนที่เป็นฉากหลังออกจากกัน โดยวิธี Global Thresholding ได้อย่างชัดเจนนั่นเอง

2.9.6 การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature Extraction)

หลังจากที่แยกบริเวณที่อยู่ในภาพออกเป็นส่วนๆ ที่แต่ละส่วนมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน และทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกัน โดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณหาหรือวัดคุณสมบัติต่างๆ ของแต่ละบริเวณหรือของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป ซึ่งในทางปฏิบัติการคำนวณหาคุณสมบัติบางประการนั้นสามารถทำไปพร้อมๆ กันกับกระบวนการ Connected Components Labeling ได้เลย เช่น การ คำนวณหาพื้นที่ซึ่งเป็นเพียงการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นของบริเวณหรือวัตถุนั้นๆ หรือการหาเส้นรอบวงของวัตถุที่เป็นการนับจำนวนพิกเซลของวัตถุที่มีด้านใดด้านหนึ่งติดอยู่กับบริเวณที่เป็นฉากหลัง แต่คุณสมบัติบางประการก็จะต้องทำหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนดังกล่าวไปแล้ว เพื่อให้ทราบพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุเสียก่อน เช่น การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ หรือการหาเฉดสีเฉลี่ย (Average Hue) หรือความเข้มแสงเฉลี่ย (Average Intensity) ของวัตถุทั้งชิ้น เป็นต้น และด้วยการที่บางบริเวณอาจมีค่าคุณสมบัติบางอย่างคล้ายคลึงกัน เช่น บริเวณที่เป็นสาลี่และบริเวณที่เป็นแอปเปิ้ลต่างก็มีขนาดและเส้นรอบรูปเท่าๆ กัน หากต้องการนับจำนวนผลไม้แต่ละชนิดที่อยู่ในภาพ จำเป็นต้องใช้คุณสมบัติอื่นๆ มาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อให้เห็นความแตกต่างของบริเวณที่เป็นผลไม้ทั้งสองชนิด ซึ่งหมายถึงเวลาที่โปรแกรมใช้คำนวณจะต้องเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นจำเป็นต้องเลือกลักษณะเด่น (Salient Features) เพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถใช้จำแนกผลไม้ออกจากกันได้อย่างชัดเจน แทนที่จะทำการวัดคุณสมบัติทุกอย่างของทุกบริเวณที่มีอยู่ในภาพ ทั้งนี้ก็เพื่อลดความสิ้นเปลืองดังกล่าวผลที่ได้จากกระบวนการนี้คือ ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ ซึ่งถ้าหากนำมาจัดวางในรูปแบบเวคเตอร์ก็จะได้ Feature Vector ซึ่งเป็นการแสดงค่าคุณสมบัติทั้งหมดที่วัดจากวัตถุนั้นๆ ที่อยู่ในรูปของเวคเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น วัตถุชิ้นที่หนึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 120 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 50 พิกเซล และวัตถุชิ้นที่สองที่ปรากฏในภาพมีพื้นที่เท่ากับ 200 พิกเซลและเส้นรอบวงยาว 30 พิกเซล จะสามารถเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Feature Vector ของวัตถุชิ้นแรก (Obj_1) และของวัตถุชิ้นที่สอง (Obj_2) ซึ่งเป็นเวคเตอร์ขนาด 2 มิติ ทั้งคู่ได้ตามสมการที่ (2.3)

$$Obj_1 = \begin{bmatrix} 120 \\ 50 \end{bmatrix}$$
$$Obj_2 = \begin{bmatrix} 200 \\ 30 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

เมื่อตำแหน่งแรกคือ พื้นที่ของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

ตำแหน่งที่สองคือ ความยาวรอบรูปของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

2.9.7 การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (Classification and Interpretation)

คำว่า "วัตถุ" ในที่นี้หมายถึง บริเวณของภาพที่มีความเข้มแสงค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นบริเวณๆ หรือเป็นชิ้นๆ แยกออกจากพื้นหลังด้วยกระบวนการแยกบริเวณ (Segmentation) ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุที่ได้มาจากกระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature Extraction) จะถูกนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์ซึ่งเรียกว่า Feature Vector และเมื่อมาถึงขั้นตอนนี้จะสามารถแทนวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพด้วย Feature Vector 1 เวคเตอร์ต่อ 1 วัตถุซึ่งการตัดสินใจต่างๆ ของระบบต่อจากนี้ไปจะกระทำโดยการพิจารณาค่าที่อยู่ใน Feature Vector เหล่านี้เท่านั้น นอกจากนั้นยังมีข้อสังเกตบางประการคือ เมื่อขั้นตอนก่อนหน้าเสร็จสิ้นลง โปรแกรมจะสามารถแยกวัตถุหรือบริเวณที่สนใจออกจากฉากหลัง และรู้เพียงคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นเท่านั้น แต่ไม่สามารถจะรู้ได้ว่าวัตถุชิ้นนั้นๆ คืออะไร เช่น หากในภาพที่มีฉากหลังเป็นสีดำ ซึ่งทำให้สามารถแบ่งแยกวัตถุออกจากฉากหลังได้อย่างชัดเจน และมีเพียงส้มและกล้วยอย่างละลูกอยู่ในภาพ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature Extraction) ลง โปรแกรมก็จะได้ Feature Vector ของบริเวณที่เป็นกล้วย และส้มอย่างละเวคเตอร์เท่านั้น แต่โปรแกรมจะไม่สามารถระบุได้ว่าเวคเตอร์ใดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือวัตถุใด เป็นผลไม้ชนิดใดกันแน่แต่ด้วยกระบวนการจำแนกวัตถุ (Classification) นี้เองที่จะทำให้โปรแกรมสามารถจำแนกได้ว่า บริเวณ แต่ละบริเวณนั้นจัดเป็นผลไม้ชนิดใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

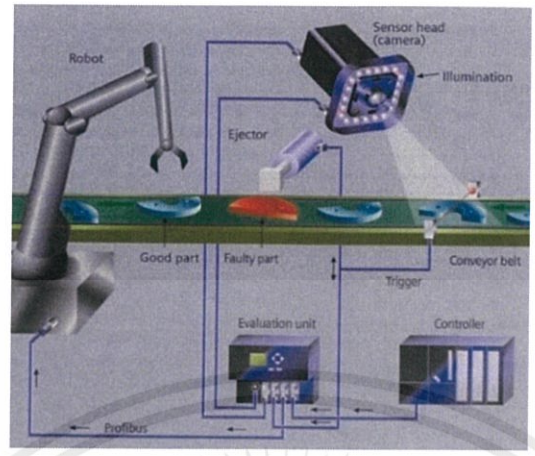
2.9.8 การจำแนก (Classification)

คือ กระบวนการจัดกลุ่มให้วัตถุที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นว่าเป็นวัตถุที่อยู่ในกลุ่มใด หรือกลุ่มอื่นๆ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือการคำนวณ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นก่อนที่ระบบจะสามารถทำการตัดสินใจดังกล่าวได้ ระบบจะต้องมีตัวอย่างของวัตถุในแต่ละกลุ่ม รวมทั้งหมายเลขกลุ่มหรือชื่อเรียกของแต่ละกลุ่มเสียก่อน สำหรับการตัดสินใจว่า จากคุณสมบัติของวัตถุที่กำลังพิจารณาเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละกลุ่มนั้น วัตถุที่กำลังพิจารณาจะจัดอยู่กลุ่มใด โปรแกรมหรือส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่ดังกล่าวเรียกว่า Classifier ซึ่งหากพิจารณาการเข้าออกของข้อมูลนั้น ตัว Classifier จะรับ Feature Vector เข้าไป และให้หมายเลขหรือชื่อกลุ่มที่วัตถุที่กำลังพิจารณานั้นๆ จัดว่าเป็นสมาชิกอยู่ออกมา Classifier มีหลักการทำงานแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันมี 2 วิธีที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายคือ ระเบียบวิธีของ K-Nearest Neighborhood Classifier จำแนกที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบระยะห่างระหว่าง Feature Vector ของวัตถุกับของกลุ่มตัวอย่าง และจะจำแนกวัตถุนั้นๆ เข้ากับกลุ่มที่มีระยะทางใกล้ที่สุด และ Classifier อีกแบบหนึ่งคือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ที่เป็นการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ ผลของการทำงานของ Classifier นั้น จะทำให้สามารถทราบได้ว่า บริเวณที่แยกออกมานั้นเป็นวัตถุชนิดใด ซึ่งจะ ทำให้สามารถตีความหมายภาพ (Interpretation) และตัดสินใจสั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่างๆ ได้

2.9.9 กลไกเคลื่อนไหว (Actuation)

กระบวนการนี้โปรแกรมจะสั่งการส่วนกลไกเคลื่อนไหวต่างๆ ให้กระทำการบางอย่างกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการก่อนหน้าข้างต้น เช่น การสั่งให้สายพานเลื่อนชิ้นงานชิ้นต่อไปเข้ามา หรือการสั่งให้แขนหุ่นยนต์ทำการหยิบจับชิ้นงานที่ผ่านตรวจสอบแล้วไปวางไว้ในที่ๆ จัดไว้ เป็นต้น นอกจากนั้นในบางกรณีอาจจะมีสั่งให้ตัวกล้องเคลื่อนที่ไปยังส่วนอื่นๆ ของชิ้นงานที่กำลังพิจารณาอยู่อีกด้วย ซึ่งในส่วนนี้งานหลักๆ จะเป็นการติดต่อและสั่งงานระหว่างอุปกรณ์ประมวลผล และ Programmable Logic Control ที่สามารถใช้สั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่างๆ เช่น มอเตอร์แขนหุ่นยนต์ หรืออื่นๆ ได้อย่างง่ายดาย ตัวอย่างการทำงานของส่วนกลไกต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของอุปกรณ์ประมวลผลที่รับภาพของผลิตภัณฑ์เข้ามานั้น ดังรูปที่ 2.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 การทำงานจริงที่ประกอบด้วยกลไกต่างๆ

เมื่อพิจารณาการทำงานของแต่ละกระบวนการแล้ว จะพบว่าเมื่อเสร็จสิ้นแต่ละกระบวนการลงข้อมูลที่ได้จากแต่ละกระบวนการจะมีความหนาแน่นของข้อมูลมากขึ้นเรื่อยๆ พร้อมๆกับขนาดของข้อมูลที่เล็กลงเรื่อยๆ ตามลำดับของกระบวนการที่เพิ่มขึ้น เช่น ข้อมูลที่ได้จากการประมวลภาพเบื้องต้น (Preprocessing) ก็คือ ภาพที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ซึ่งเมื่อส่งข้อมูลดังกล่าวต่อไปที่กระบวนการแยกบริเวณ (Segmentation) ผลที่ได้คือ บริเวณของวัตถุที่สนใจโดยละฉากหลังไว้ นอกจากนั้นแต่ละบริเวณก็มีการบีบอัดพิกัดของพิกเซลไว้ในรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อส่งต่อไปให้กระบวนการคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (Feature Extraction) ก็จะได้ Feature Vector ซึ่งเป็นคุณสมบัติของแต่ละบริเวณออกมา และท้ายที่สุดเมื่อส่งเวคเตอร์เหล่านี้ไปให้กระบวนการจำแนกและตีความหมาย (Classification And Interpretation) ก็จะได้ข้อมูลที่สำคัญที่สุดออกมาคือ การตัดสินใจว่าจะจัดการกับตัวผลิตภัณฑ์ อย่างไรเช่นจัดเป็นชิ้นงานดี-ชิ้นงานเสีย หรือจัดเป็นเกรด 1, เกรด 2 เป็นต้น

2.9.10 Image Processing (เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่สนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ เพื่อคัดแยกปลายทางของจดหมายที่มีจำนวนมากในแต่ละวันโดยใช้ ภาพถ่ายของรหัสไปรษณีย์ที่อยู่บนซอง ระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออกอาคารโดยใช้ภาพถ่ายของ ป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา ระบบรู้จำ ใบหน้าเพื่อเฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในอาคารสถานที่สำคัญๆ หรือในเขตคนเข้าเมือง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำๆ กัน ในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูง อีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมาก ผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิด อาการล้าส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้งเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่า คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและ ประมวลผลข้อมูลจำนวนมหาศาลได้ในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น

2.10 Visual Basic

2.10.1 ภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer Language)

หมายถึง ภาษาใดๆ ที่ผู้ใช้งานใช้สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน แล้วคอมพิวเตอร์สามารถทำงานตามคำสั่งนั้นได้ คำนี้มักใช้เรียกแทนภาษาโปรแกรม แต่ความเป็นจริงภาษาโปรแกรมคือ ส่วนหนึ่งของภาษาคอมพิวเตอร์เท่านั้น และมีภาษาอื่นๆ ที่เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น HTML เป็นทั้งภาษามาร์กอัปและภาษาคอมพิวเตอร์ด้วย แม้ว่ามันจะไม่ใช่ภาษาโปรแกรม หรือภาษาเครื่องนั้นก็นับเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งโดยทางเทคนิคสามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ แต่ก็ไม่จัดว่าเป็นภาษาโปรแกรม

ภาษาคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ ภาษาระดับสูง (High Level) และภาษาระดับต่ำ (Low Level) ภาษาระดับสูงถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่ายและสะดวกสบายมากกว่าภาษาระดับต่ำ โปรแกรมที่เขียนถูกต้องตามกฎเกณฑ์และไวยากรณ์ของภาษาจะถูกแปล (Compile) ไปเป็นภาษาระดับต่ำเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถนำไปใช้งานหรือปฏิบัติตามคำสั่งได้ต่อไป ซอฟต์แวร์สมัยใหม่ส่วนมากเขียนด้วยภาษาระดับสูง แปลไปเป็นออบเจกต์โค้ด (Object Code) แล้วเปลี่ยนให้เป็นชุดคำสั่งในภาษาเครื่อง

ภาษาคอมพิวเตอร์อาจแบ่งกลุ่มได้เป็นอีกสองประเภทคือ ภาษาที่มนุษย์อ่านออก (Human-Readable) และภาษาที่มนุษย์อ่านไม่ออก (Non Human-Readable) ภาษาที่มนุษย์อ่านออกถูก

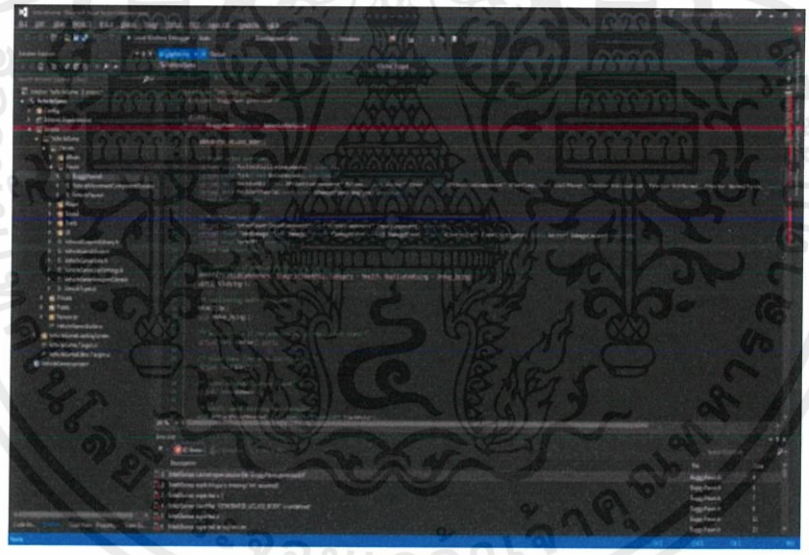
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบมาเพื่อให้มนุษย์สามารถเข้าใจและสื่อสารได้โดยตรงกับคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่เป็นภาษาอังกฤษ ส่วนภาษาที่มนุษย์อ่านไม่ออกจะมีโค้ดบางส่วนที่ไม่อาจอ่านเข้าใจได้

2.10.2 Visual Studio

Visual Studio คือ Integrated Development Environment พัฒนาขึ้นโดยไมโครซอฟท์ เป็นโปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่างๆ ซึ่งสามารถ

ติดต่อสื่อสารพูดคุยกับคอมพิวเตอร์ได้ในระดับหนึ่งแล้วแต่ยังไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบเองได้ เหมาะสมสำหรับภาษา VB และ VB.NET เนื่องจากไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรมและภาษาขึ้นมาควบคู่กันเพื่อให้ใช้งานได้ซึ่งกันและกัน ซึ่งนักโปรแกรมเมอร์จะนำเครื่องมือมาใช้ในการพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นระบบต่างๆ หรือเป็นเว็บไซต์ และแอพพลิเคชันต่างๆ ดังนั้นวิชวลสตูดิโอจึงเป็นโปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่างๆ ซึ่งโปรแกรมได้มีการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบได้ด้วยตนเอง นักพัฒนาจะนำเครื่องมือของโปรแกรมมาใช้พัฒนาต่อให้เกิดเป็นซอฟต์แวร์หรือระบบต่างๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวก และลดเวลาการทำงานและข้อผิดพลาดได้เป็นอย่างมาก ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.32 โปรแกรม Visual Studio ที่ใช้ภาษา Visual Basic ในการประมวลผล

2.10.2.1 Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาโปรแกรมภาษาหนึ่ง พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ บรรจุอยู่ภายใต้ผลิตภัณฑ์ชุดหนึ่งชื่อว่า Microsoft Visual Studio นิยมเรียกย่อๆ ว่า VB ภายในชุดของเจ้า Microsoft Visual Studio นี้ ประกอบไปด้วยภาษาต่างๆ หลายภาษา แยกแยะกันไปตามความสามารถและความถนัดของมัน ได้แก่ Visual Basic, Visual C++, Visual FoxPro, Visual InterDev, Visual J++, Visual SourceSafe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภาษา Visual Basic คือ ภาษาคอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมแบบ GUI (Graphic User Interface) ใช้ออกแบบส่วนหน้าจอติดต่อผู้ใช้ (Form) ได้ทันที โดยไม่ต้องรอเขียนรหัสโปรแกรม ใช้เขียน Application ได้หลายแบบ พัฒนามาจากภาษา Basic โดยบริษัท Microsoft เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การพัฒนา Application บนระบบปฏิบัติการ Windows ทำได้โดยง่าย ถึงไม่ใช่โปรแกรมเมอร์ก็สามารถสร้างโปรแกรมได้ ภาษานี้เป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมยอดนิยมสำหรับโปรแกรมที่ใช้ในด้านธุรกิจ

ภาษานี้พัฒนามาจากภาษาเบสิก และยังได้พัฒนาต่อเป็นภาษา VB.NET อีกด้วย วิชวลเบสิกสนับสนุน Rapid Application Development (RAD) ทั้งด้านการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์แบบ Graphical User Interface (GUI), การเข้าถึงฐานข้อมูลโดยใช้การเชื่อมต่อแบบ DAO, RDO หรือ ADO และการสร้าง ActiveX Control จุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของวิชวลเบสิกคือ นักเขียนโปรแกรมสามารถนำโปรแกรมประยุกต์หลายๆ โปรแกรมมารวมกันในโปรแกรมเดียว และยังสามารถประยุกต์ใช้คอมโพเนนต์ของวิชวลเบสิกที่มีเตรียมไว้ให้แล้วได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ก็คือ ต้องการให้เป็นภาษาที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอพพลิเคชัน ที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows และ Windows NT การใช้งาน Visual Basic โปรแกรมเมอร์สามารถวาดและวางองค์ประกอบต่างๆ บนหน้าจอเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ได้ตามต้องการ เมื่อวาดหน้าจอได้เสร็จก็เขียนโปรแกรมซึ่งเป็นลักษณะแบบมีโครงสร้างทางภาษาคล้ายคลึงกับภาษาอังกฤษ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละตัวบนหน้าจอเข้าด้วยกัน ให้ทำงานอย่างสัมพันธ์กันตามที่โปรแกรมเมอร์ต้องการ ตามหลักการของ Object-Oriented นั่นเอง ซึ่ง Object-Oriented คือการมององค์ประกอบต่างๆ ทุกๆ องค์ประกอบในตัวโปรแกรมเป็นเพียงวัตถุหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติแต่ละตัวแตกต่างกันไป

2.10.2.2 OpenCV

OpenCV คือ โปรแกรมเพิ่มเติมของภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาต่างๆ เป็น Library ในภาษา C++ และ Phyton สำหรับการพัฒนาโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ Image Processing และ Computer Vision โดยสามารถพัฒนาได้ทั้งในระบบปฏิบัติการวินโดว์ และระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งโปรแกรม OpenCV สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมพัฒนาภาษาโปรแกรมอื่นๆ ได้ รวมถึง Visual Studio ด้วยเช่นกัน ในการนำ OpenCV มาใช้งานร่วมกับ Visual Studio เพื่อใช้พัฒนาโปรแกรมนั้น จำเป็นต้องตั้งค่าให้กับโปรแกรม Visual Studio ก่อน เพื่อระบุตำแหน่งของ Library ของ OpenCV ตำแหน่งของไฟล์ที่ต้องใช้ในโปรแกรม ค่า Environment Variables และตำแหน่งของ Source File ให้ตัวโปรแกรมรู้ และสามารถดึงมาใช้ได้ Color หรือ Object จะประกอบไปด้วย Histrogram ของสีต่างๆ จะเก็บลักษณะของ Histrogram เอาไว้เช็คข้อมูลที่อยู่ในภาพที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบแขนกล การออกแบบวงจรควบคุม และการออกแบบโปรแกรม

3.1 การออกแบบแขนกล

ในขั้นตอนแรกของการออกแบบแขนกล จากการศึกษาประเภทของแขนกลที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยได้พบว่าแขนกลที่ใช้งานอย่างแพร่หลายคือ หุ่นยนต์แขนกลประเภท Articulated Arm ซึ่งในท้องตลาดมีขนาดใหญ่และมีราคาแพง จึงได้ทำการศึกษาและค้นหาแบบแขนกลที่มีขนาดเล็กให้สามารถจำลองการทำงานได้

แบบแขนกลประกอบโดยใช้อะคริลิค

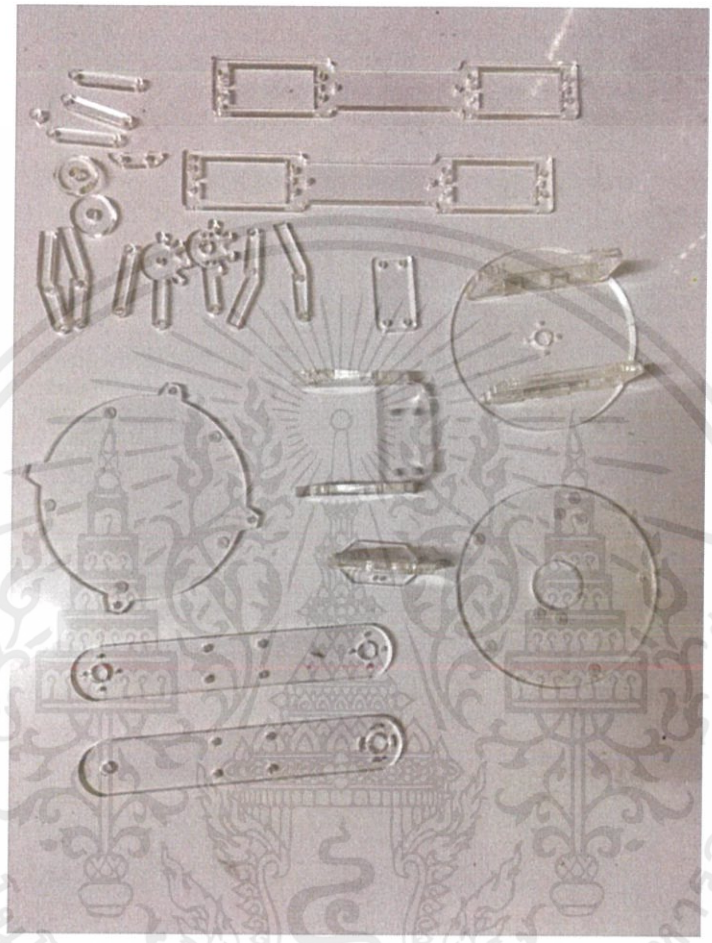
แบบแขนกลที่ได้มาโดยใช้การออกแบบผ่านโปรแกรม SolidWorks จะได้ชิ้นส่วนหลักประกอบไปด้วย ฐาน แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง และกริปเปอร์ ประกอบกันเป็นแขนกลดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แบบแขนกลประกอบโดยใช้อะคริลิค

ซึ่งได้เลือกใช้อะคริลิคเป็นวัสดุในการทำเนื่องจากมีความแข็งแรงและทนทาน มีน้ำหนักเบา สามารถออกแบบและตัดตามแบบได้ง่าย อีกทั้งยังทนความร้อนได้พอสมควรอีกด้วย โดยอะคริลิคที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

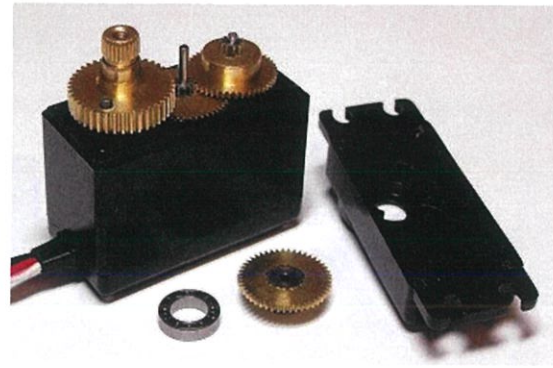
นั้นใช้ความหนาขนาด 5 มิลลิเมตร และตัดตามแบบโดยใช้เครื่อง CNC ในการตัดทำให้มีความแม่นยำ และรอยตัดมีความละเอียดตามแบบที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วัสดุในการทำแบบแขนกลประกอบ

ในส่วนของการทำงานเคลื่อนที่ชิ้นส่วนต่างๆ จะใช้เซอร์โวมอเตอร์ Tower Pro รุ่น MG-995 Pro ชนิด 180 องศา ในการขับเคลื่อนแขนกล ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้นั้นสามารถรับแรงบิดได้ 13 Kg/Cm. ซึ่งรองรับน้ำหนักแขนกลได้อย่างดี เพราะเฟืองภายในทำจากทองเหลืองซึ่งมีความทนทานกว่าเฟืองที่ทำจากพลาสติก และต้องการไฟเลี้ยง 4.8–6 โวลต์ ซึ่งตรงตามความต้องการในการใช้งาน เพราะระบบที่ออกแบบจ่ายไฟเลี้ยง 5 โวลต์ อีกทั้งมอเตอร์รุ่นนี้มีราคาถูกและใช้งานได้ง่าย มีความทนทานพอสมควรเพียงพอต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 3.3

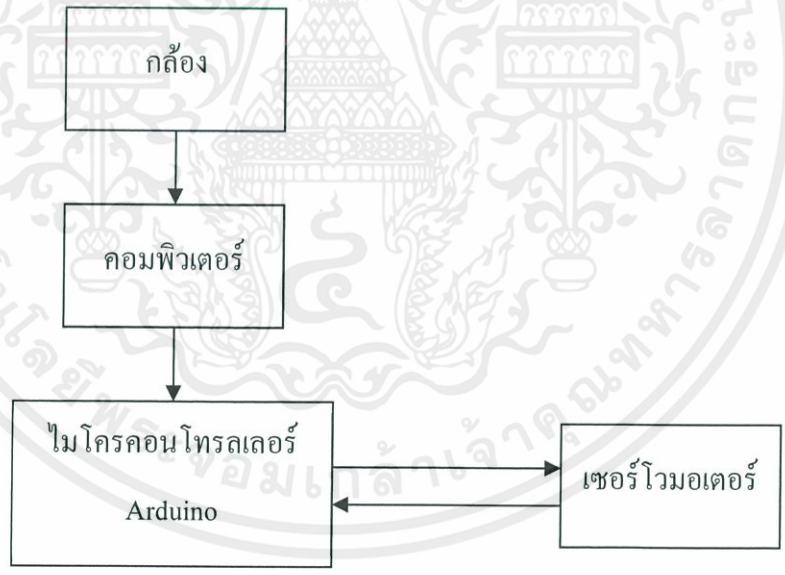
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 Servo Motor Tower Pro รุ่น MG-995 PRO

3.2 การออกแบบวงจรควบคุม

การออกแบบวงจรควบคุมออกแบบโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์หลัก โดยสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้โดยผ่านสองทางคือ การควบคุมหุ่นยนต์ผ่านคอมพิวเตอร์ และการควบคุมหุ่นยนต์โดยผ่านระบบ Machine Vision ซึ่งมีบล็อคการทำงานเป็นดังรูปที่ 3.4



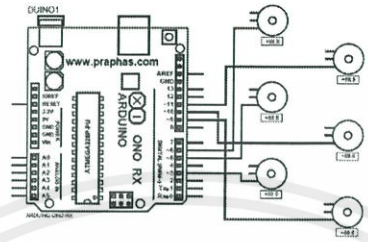
รูปที่ 3.4 แผนผังการควบคุมหุ่นยนต์โดยผ่านระบบ Machine Vision

มีหลักการทำงานคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด โดยรับคำสั่งมาจากคอมพิวเตอร์หรือจากกล้องที่ถูกแปลงข้อมูลแล้วจึงแปลงชุดคำสั่งเป็นสัญญาณ PWM ส่งไปให้เซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าและหมุนไปตามที่ต้องการ โดยจะมีสัญญาณป้อนกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำให้ทราบค่าตำแหน่งปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 วงจรคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์

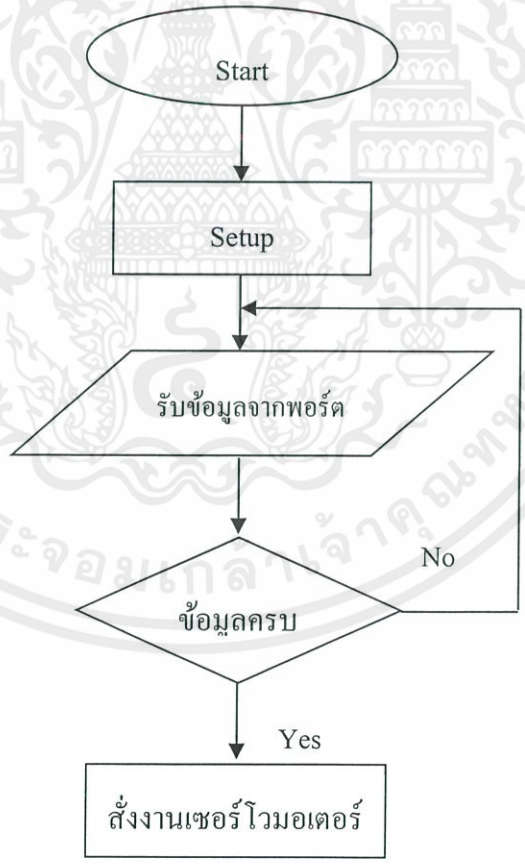
หลักการทำงานของวงจรคือ เป็นการส่งคำสั่งข้อมูลตำแหน่งการหมุนผ่านขาสัญญาณ 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 ซึ่งเป็นขาสัญาญาณของ Arduino ที่สามารถสร้างสัญญาณ PWM ส่งไปยังเซอร์โวมอเตอร์ได้โดยวงจรแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์

3.2.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุม

Flow Chart แสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Flowchart แสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานคือ เมื่อเปิดการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ เริ่มต้นการทำงานด้วยการตั้งค่าสัญญาณสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์เริ่มต้นตามที่โปรแกรมไว้ หลังจากนั้นจึงรอรับค่าข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม เมื่อมีข้อมูลเข้ามาจะรับค่าจนครบตามที่ส่งมาหลังจากนั้นจึงส่งค่าไปสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์

3.2.2.1 รูปแบบการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

จากที่กล่าวมาการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมจะส่งข้อมูลมาที่ละหนึ่งตัวอักษร แต่ในการสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์ต้องมีการส่งข้อมูลมามากกว่าหนึ่งตัวอักษร ดังนั้นจึงจะต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้นของข้อมูลและจุดสุดท้ายของข้อมูลโดยมีรูปแบบดังนี้ 1. @ แสดงจุดต้นข้อมูล 2. ส่วนของข้อมูล 3. # แสดงจุดสิ้นสุดข้อมูลดังรูปที่ 3.7

```
if (Serial.available()) {
      delay(50);
      while(Serial.available()>0){
       compin = Serial.read();
        if (compin == '@'){
          while(Serial.available()>0){
         compin = Serial.read();
           if (compin == '#'){
           break;
           }
           ser = ser + compin;
           }
        }
      }
ser = "";
```

รูปที่ 3.7 รูปแบบการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโปรแกรม

การเลือกใช้งานกล้องสำหรับ Machine Vision

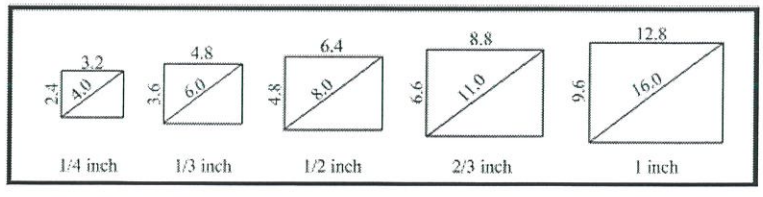
กล้องที่ใช้ในระบบ Machine Vision โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ Area Scan Camera และ Line Scan Camera โดยมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันกล่าวคือ กล้องแบบ Area Scan จะนิยมใช้กับงานทั่วๆ ไปที่ทำการจับภาพทีละภาพ ส่วนกล้องแบบ Line Scan จะนิยมใช้กับงานที่ต้องการความเร็วสูงและมีขนาดของชิ้นงานที่ใหญ่กว่ามาก โดยมากจะใช้กับงานที่เป็นลักษณะ On the Fly ทั้งนี้จะขอกล่าวถึงกล้องแบบ Area Scan สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้งานกล้อง Area Scan สำหรับ Machine Vision คือความเร็วชัตเตอร์ (Frame Rate) ซึ่งจะต้องมีค่ามากกว่าจำนวนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบจากสมการที่ (3.1)

$$\#\,pixel = 2 \times \frac{Field\ of\ view(Horiz)}{resolution} \tag{3.1}$$

โดยที่ Field of View คือขนาดของวัตถุที่ต้องการจะตรวจจับ (เลือกขนาดด้านยาว) และ Resolution คือขนาดของวัตถุที่เล็กที่สุดที่ต้องการมองเห็น เมื่อได้กล้องมาแล้วสิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องเลือกคือ เลนส์ ซึ่งเลนส์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมีมากมายหลากหลายชนิดซึ่งอาจแบ่งออกได้คร่าวๆ เป็นเลนส์พื้นฐาน เลนส์มาโคร เลนส์ซูม และเลนส์แบบเทเลเซนทริก สำหรับเลนส์พื้นฐานนั้นจะใช้กับงานที่ไม่เฉพาะเจาะจงมากนัก ขนาดของชิ้นงานไม่เล็กมากซึ่งสามารถคำนวนความยาวโฟกัสของเลนส์ที่จะเลือกใช้งานได้จากสมการที่ (3.2)

$$f = \frac{SensorSize \times WD}{SensorSize + FOV} \tag{3.2}$$

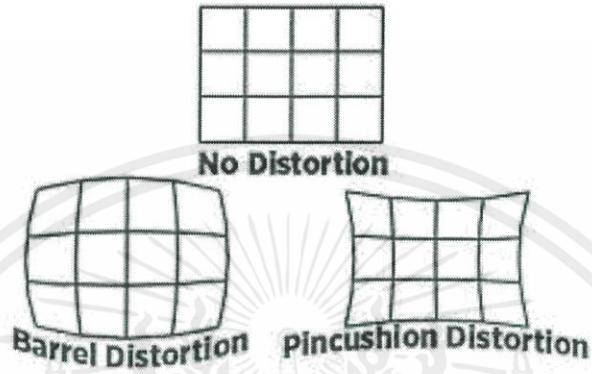
โดยที่ WD คือ ระยะทำงานหรือระยะตั้งแต่หน้าเลนส์จนถึงวัตถุ และ Sensor Size ให้ใช้ขนาดด้านยาวเช่นเดียวกับ FOV ทั้งนี้จำเป็นจะต้องรู้ขนาดตัวรับภาพของกล้องต่างๆ ซึ่งจะบอกไว้ใน Spec ของกล้องนั้นๆ โดยส่วนมากจะบอกขนาดของเส้นทแยงมุมมีหน่วยเป็นนิ้ว ซึ่งสามารถเทียบขนาดได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขนาดตัวรับภาพของกล้องหน่วยเป็นนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเลนส์มาโครจะเป็นเลนส์ที่เหมาะกับงานตรวจสอบวัตถุขนาดเล็กมากๆ ซึ่งต้องการกำลังขยายที่สูง ซึ่งหากใช้เลนส์พื้นฐานภาพที่ได้จะมีความผิดเพี้ยนค่อนข้างมาก โดยเลนส์มาโครจะเลือกใช้งานตามกำลังขยายที่ต้องการ และเลนส์แบบเทเลเซนทริก เป็นเลนส์ที่ให้ภาพที่ไม่มีความบิดเบี้ยวน้อยที่สุดดังรูปที่ 3.9

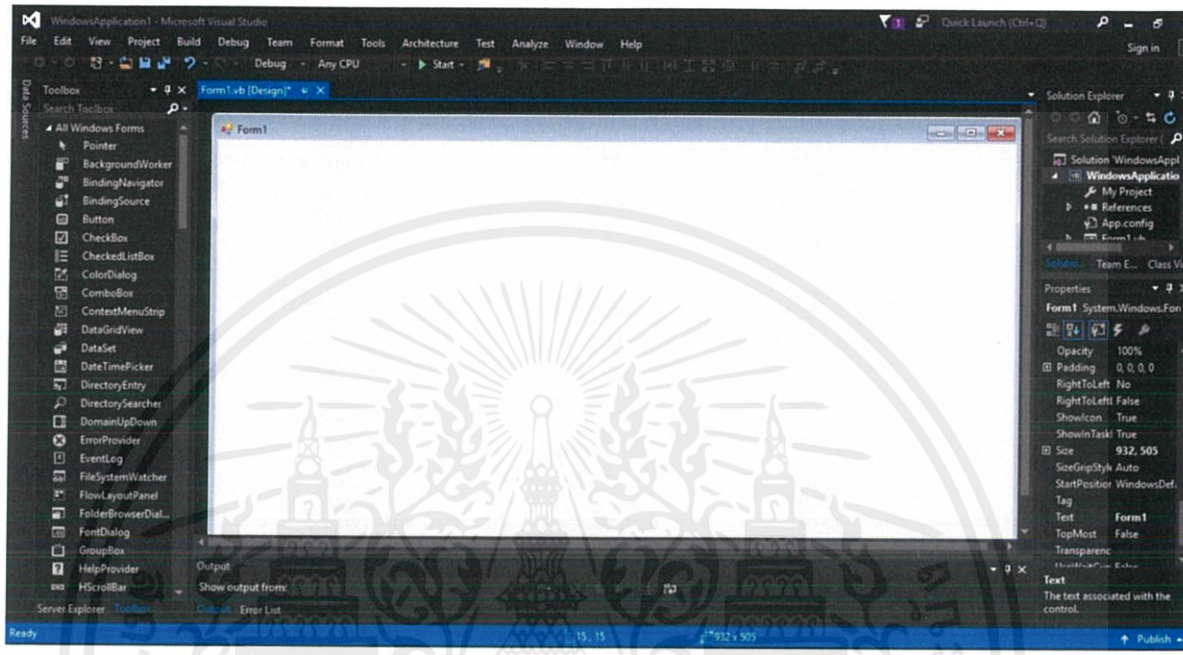


รูปที่ 3.9 ความบิดเบือนของภาพ

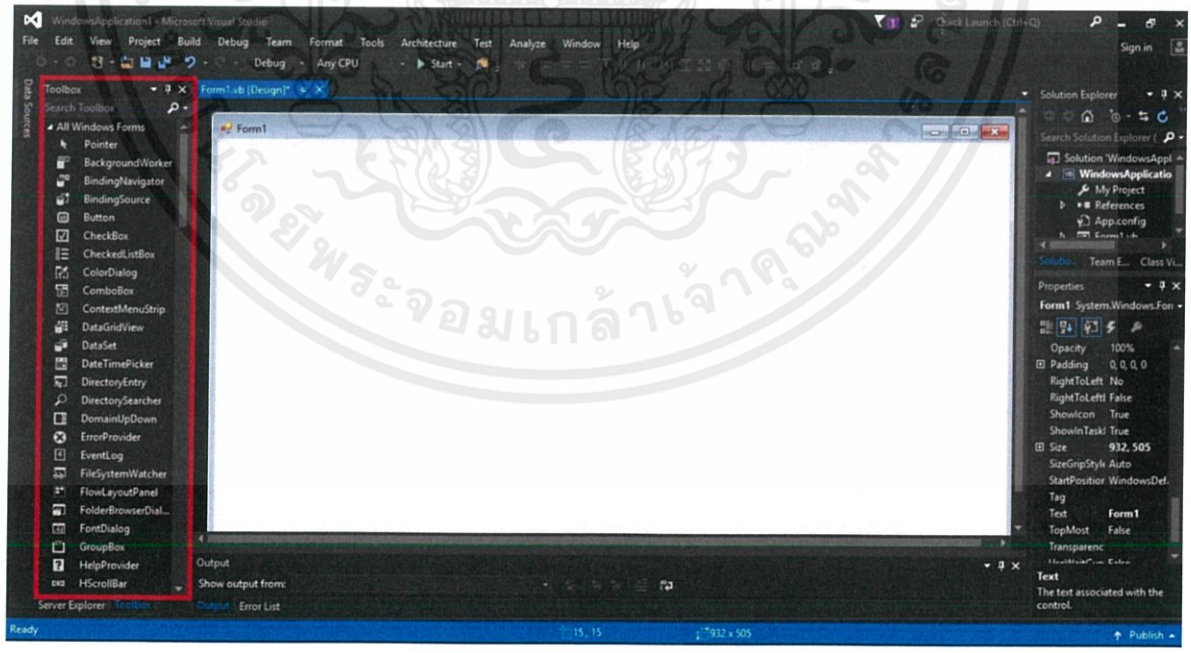
สาเหตุที่ภาพบิดเบี้ยวไปเนื่องจากเลนส์ที่ใช้งานมีความโค้ง ดังนั้นจากทฤษฎีของแสงที่อธิบายไว้ว่าแสงที่ผ่านมายังเลนส์ซึ่งไม่ใช่แสงขนานจะเกิดการหักเหที่ผิดเพี้ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบโปรแกรมเพื่อตรวจจับผลงานที่ต้องการ ขั้นตอนแรกต้องดูว่า โปรแกรมที่จะใช้ในการออกแบบโปรแกรมเพื่อนำไปใช้งาน คือโปรแกรมอะไร ซึ่งโปรแกรมที่เลือกใช้ ได้แก่ โปรแกรม Visual Studio เพราะโปรแกรม Visual Studio มีหน้าจอออกแบบ Interface ที่ใช้งานง่าย, หน้าจอคำสั่งที่จัดเรียงอย่างเป็นระบบ ง่ายต่อการค้นหาและนำมาใช้งานดังรูปที่ 3.10 ถึงรูปที่ 3.14

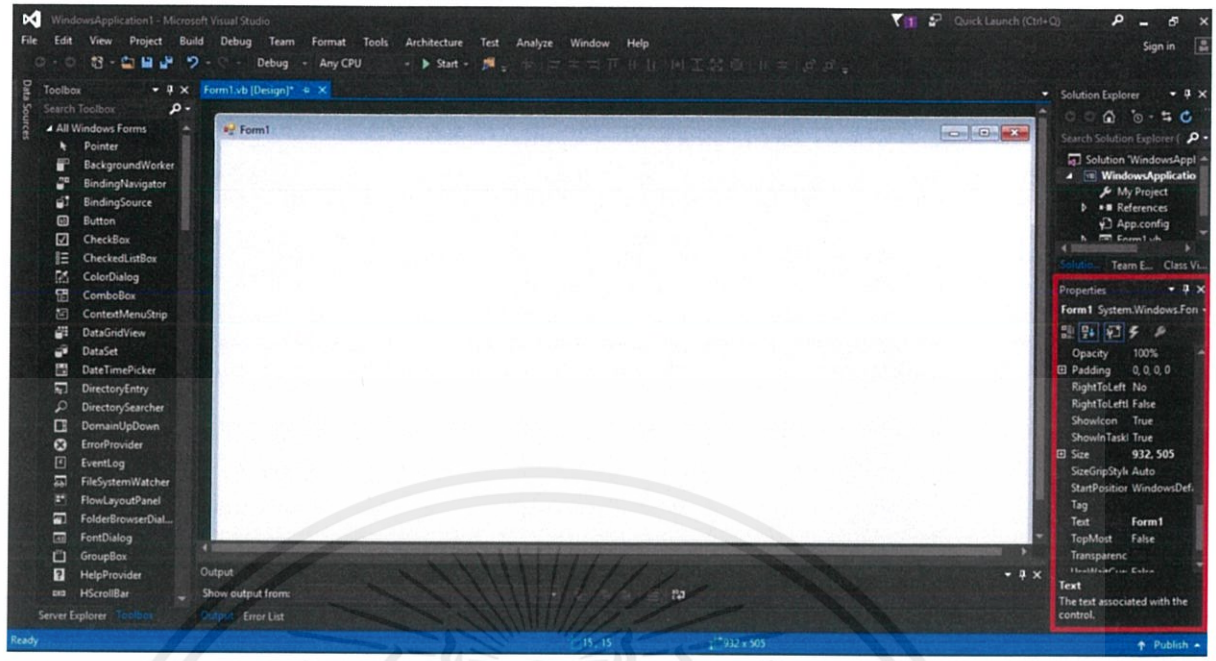


รูปที่ 3.10 หน้าจอโปรแกรม Visual Studio ที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรม

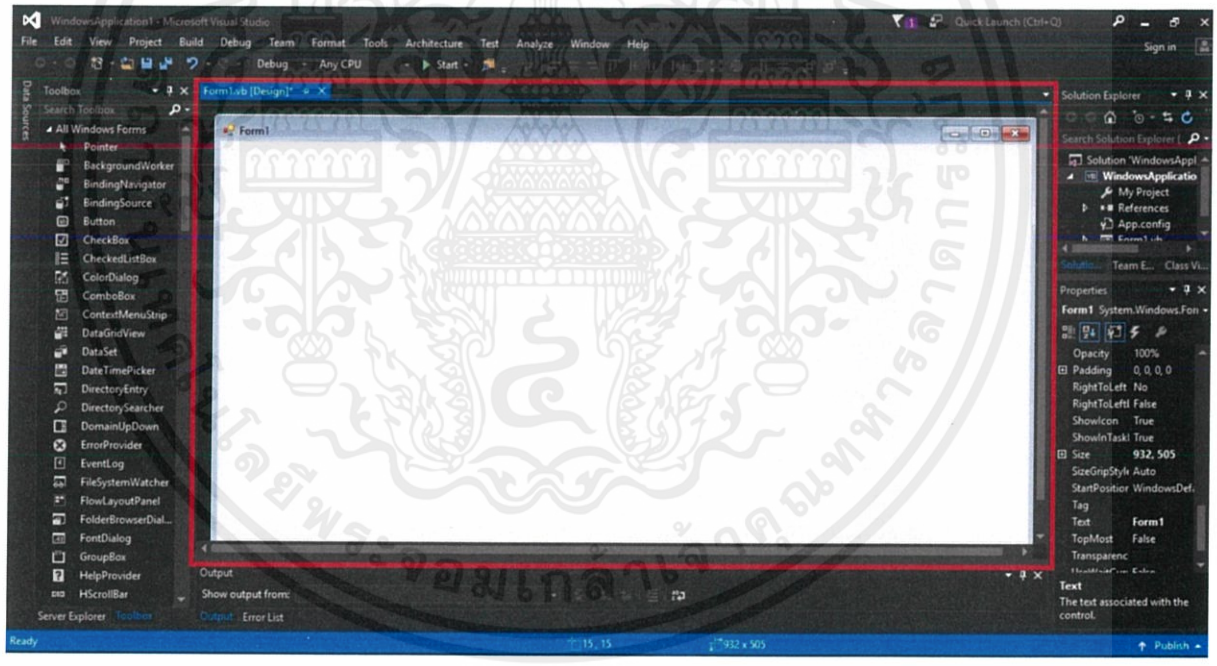


รูปที่ 3.11 กรอบแดงในภาพคือเครื่องมือที่จะใช้ในการออกแบบโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



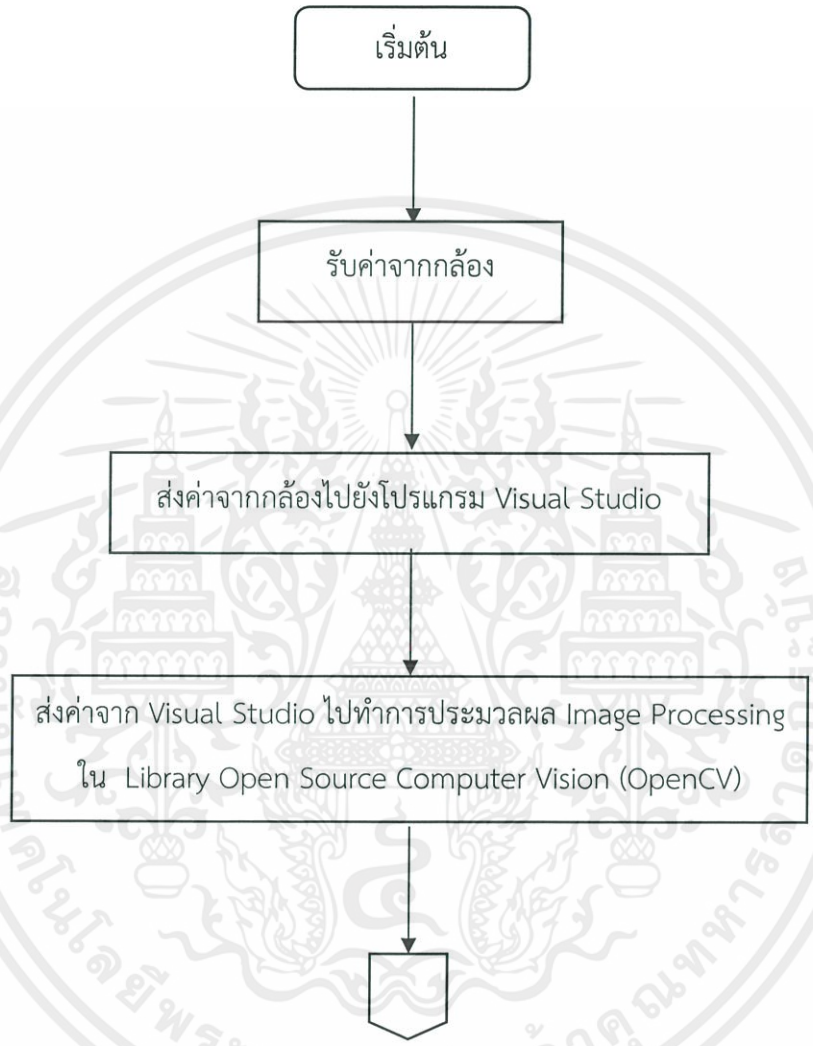
รูปที่ 3.12 กรอบแดงในภาพคือแถบตั้งค่าเครื่องมือและคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องมือ



รูปที่ 3.13 กรอบแดงในภาพคือหน้าต่างที่ใช้ในการใส่เครื่องมือและตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ

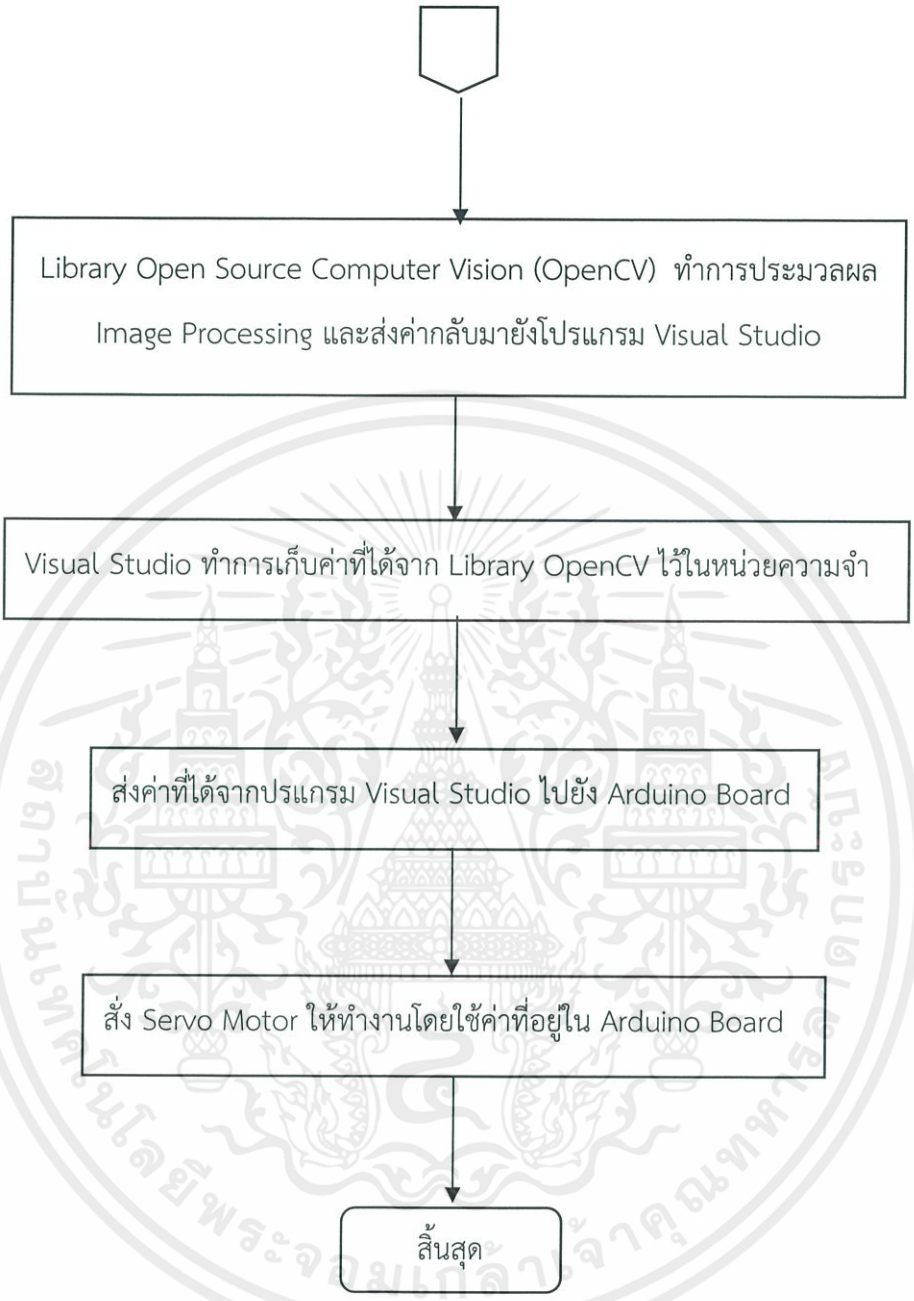
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโปรแกรมที่ต้องการมีกระบวนการดังนี้



รูปที่ 3.14 Flowchart การออกแบบโปรแกรมตอนที่ 1

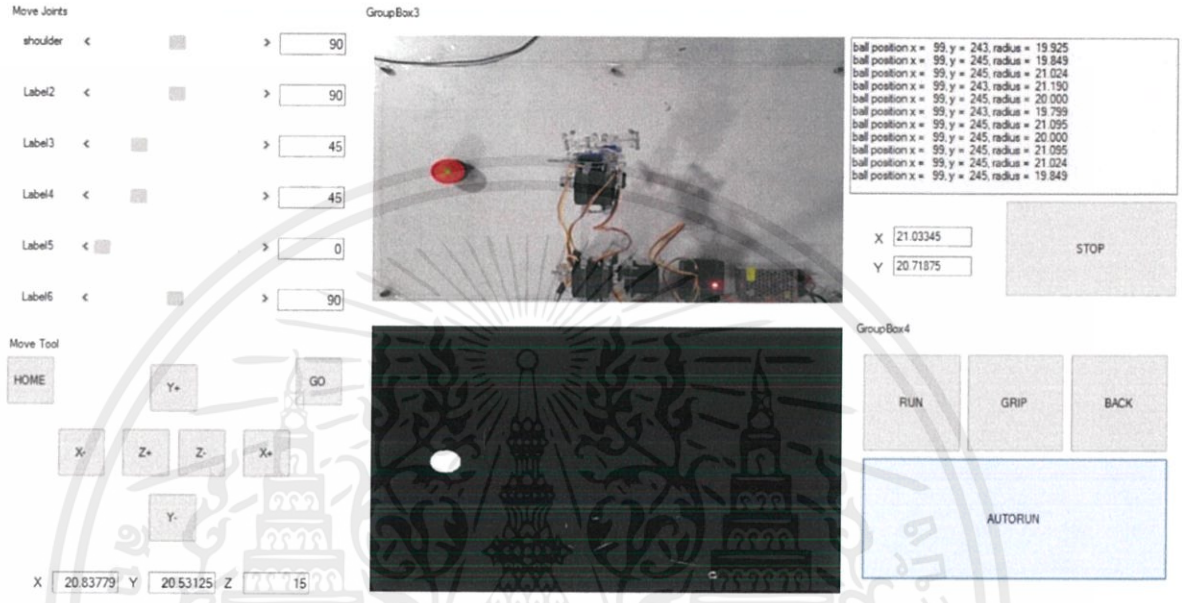
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



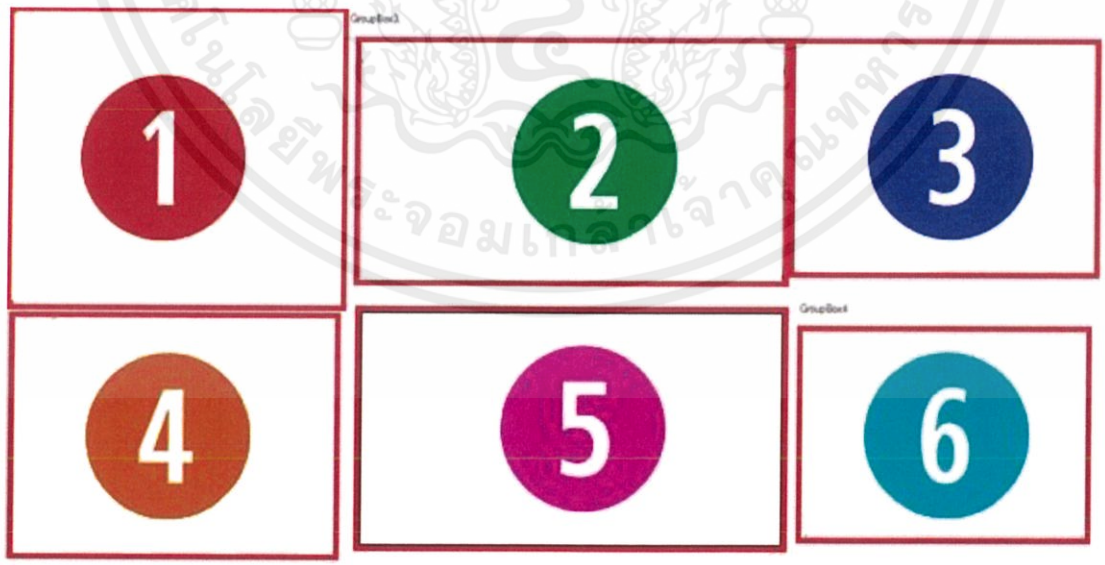
รูปที่ 3.14 Flowchart การออกแบบโปรแกรมตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้ออกแบบตามกระบวนการแผนผัง Flowchart แล้ว จะได้รูปร่างหน้าตาโปรแกรมออกมาดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 ส่วนประกอบของโปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว



รูปที่ 3.16 ส่วนประกอบของโปรแกรมแบ่งตามหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.16 สามารถแบ่งหน้าที่ส่วนประกอบต่างๆ ได้ดังนี้

หมายเลข 1 คือ ส่วนของแขนกลที่หมุนในแกนต่างๆ ซึ่งมีด้วยกัน 6 แกน (หน่วยเป็นองศา)

หมายเลข 2 คือ ส่วนของหน้าจอที่แสดงภาพออกมาจากกล้องที่ได้ตั้งค่าไว้

หมายเลข 3 คือ ส่วนที่แสดงค่าตำแหน่ง x,y และขนาดรัศมีของลูกบอลสีแดงที่ทำการตรวจจับ

หมายเลข 4 คือ ส่วนการปรับแกนแขนกลแบบ manual และการเซ็ตค่าให้แขนกลหมุนกลับมาที่จุดเริ่มต้นที่ได้ตั้งค่าไว้

หมายเลข 5 คือ ส่วนแสดงหน้าจอที่จับลูกบอลสีแดงได้ โดยที่สีดำคือตรวจจับลูกบอลสีแดงไม่เจอ และสีขาวคือที่สามารถตรวจจับลูกบอลสีแดงได้

หมายเลข 6 คือ ส่วนที่สั่งการให้แขนกลจับสิ่งของ เคลื่อนย้าย หรือเคลื่อนกลับที่เดิมได้แบบ manual และสามารถสั่งการแบบ automatic ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบนี้ทดสอบโดยการกำหนดจุดเป้าหมายที่ต้องการโดยทดสอบในสองวิธีคือ 1. การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายจากคอมพิวเตอร์ 2. การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายโดย Machine Vision ซึ่งวัดค่าเปรียบเทียบกับตำแหน่งจริงที่ปลายแขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปได้ด้วยการวัดค่าจากข้อต่อที่แขนกลเคลื่อนไปจากการอ่านค่า

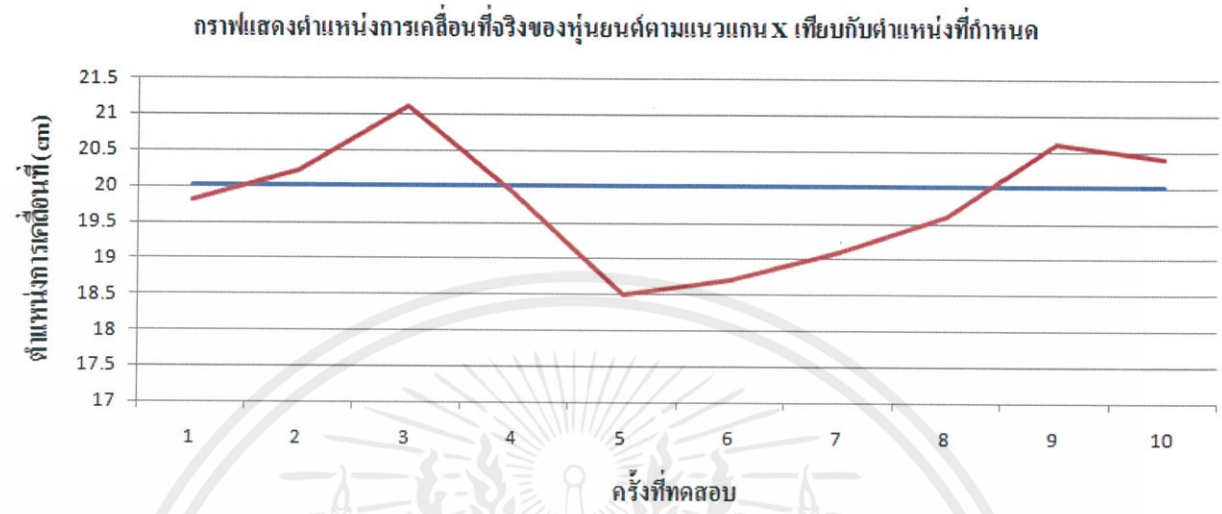
4.1 การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายจากคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ด้วยการกำหนดจุดหมายจากคอมพิวเตอร์

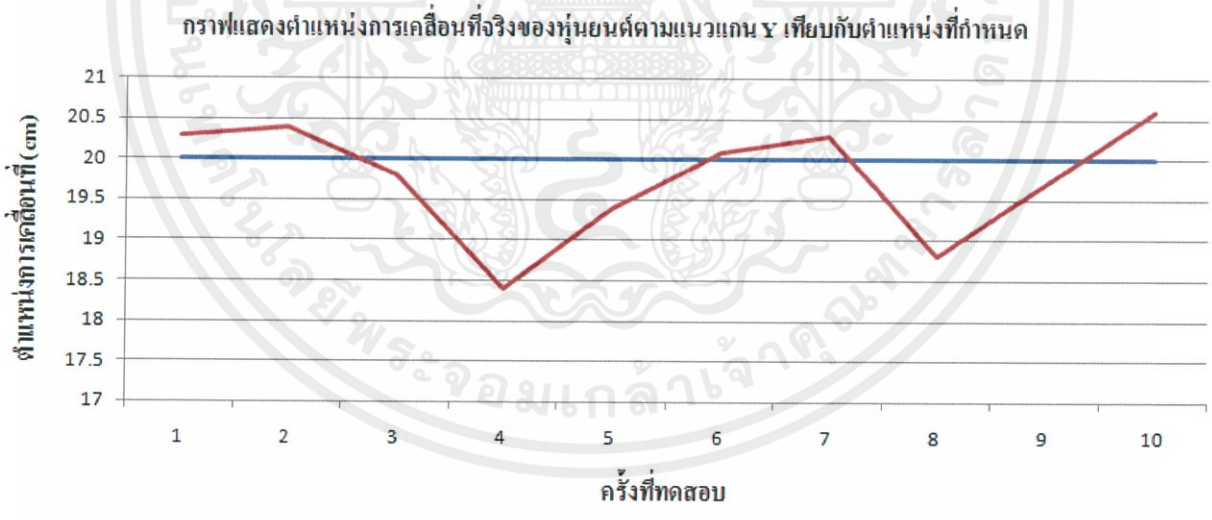
การทดสอบครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่ที่กำหนด(cm)		ระยะการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ (cm)	
	x	y	x	y
1	20	20	19.8	20.3
2	20	20	20.2	20.4
3	20	20	21.1	19.8
4	20	20	19.9	18.4
5	20	20	18.5	19.4
6	20	20	18.7	20.1
7	20	20	19.1	20.3
8	20	20	19.6	18.8
9	20	20	20.6	19.7
10	20	20	20.4	20.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง คำนวณค่าเฉลี่ย (Average) ของตำแหน่งที่หุ่นเคลื่อนที่จริงตามแนวแกน x คือ 19.79 cm และตำแหน่งที่หุ่นเคลื่อนที่จริงตามแนวแกน y คือ 19.78 cm

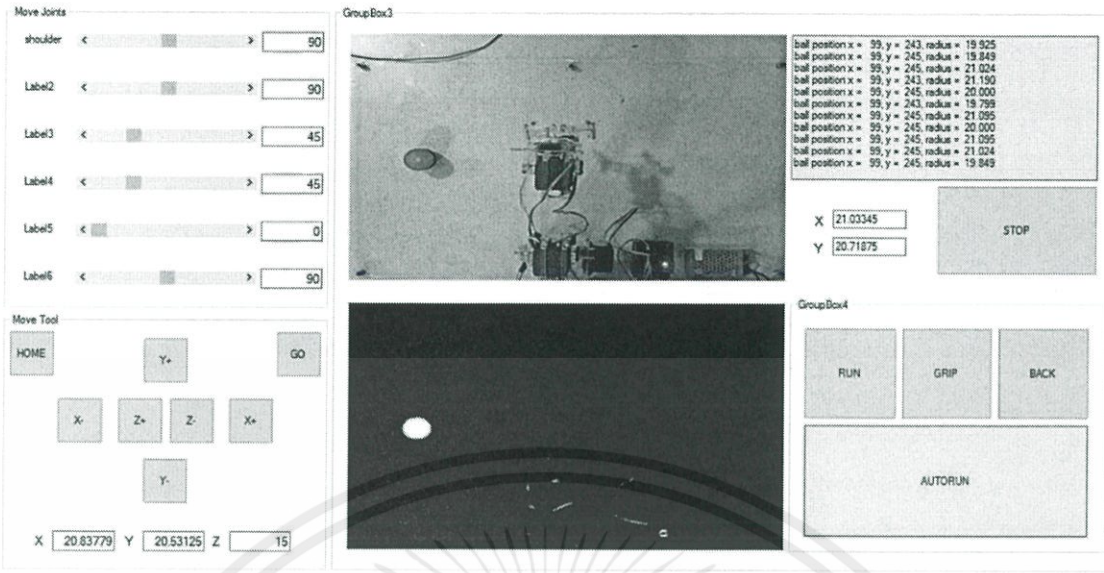


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน X



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio ตอนประมวลผล

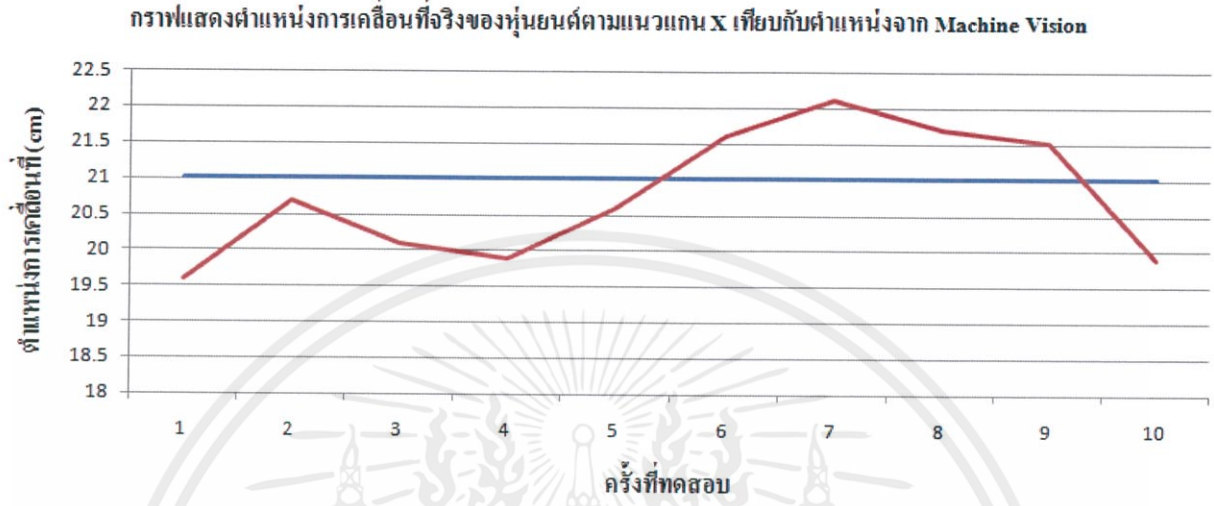
4.2 การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายโดย Machine Vision

ตารางที่ 4.2 การทดสอบด้วยการกำหนดจุดหมายโดย Machine Vision

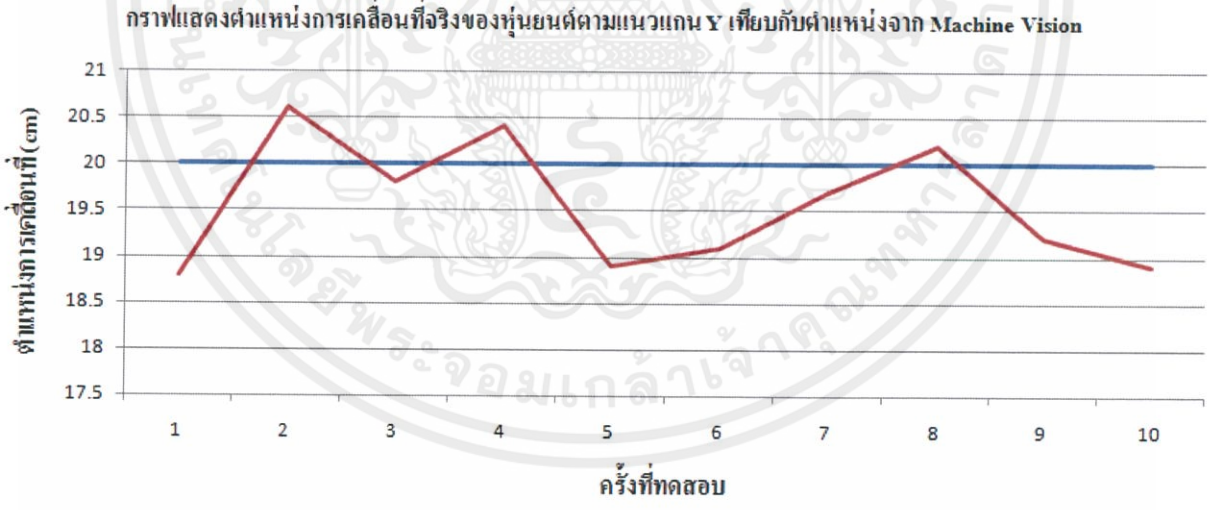
การทดสอบครั้งที่	ระยะการเคลื่อนที่จาก Machine Vision (cm)		ระยะการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ (cm)	
	x	y	x	y
1	21	20	19.6	18.8
2	21	20	20.7	20.6
3	21	20	20.1	19.8
4	21	20	19.9	20.4
5	21	20	20.6	18.9
6	21	20	21.6	19.1
7	21	20	22.1	19.7
8	21	20	21.7	20.2
9	21	20	21.5	19.2
10	21	20	19.9	18.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง คำนวณค่าเฉลี่ย (Average) ของตำแหน่งที่หุ่นเคลื่อนที่จริงตามแนวแกน x คือ 20.77 cm และตำแหน่งที่หุ่นเคลื่อนที่จริงตามแนวแกน y คือ 19.56 cm

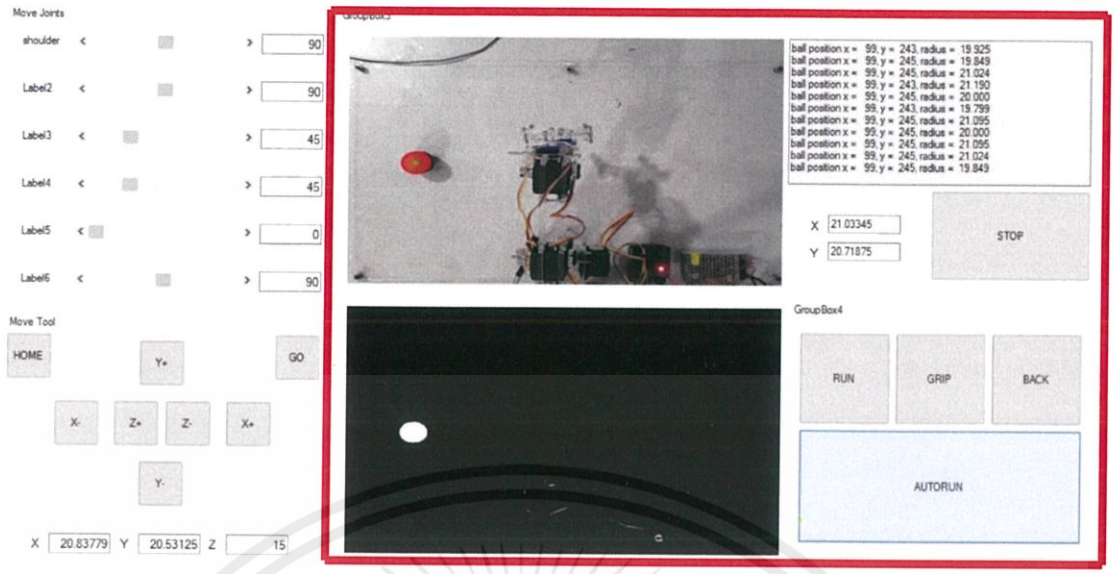


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน X



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่จริงของหุ่นยนต์ตามแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio ตอนประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยกำหนดจุดหมายด้วย Machine Vision แขนกลที่ได้ทำการออกแบบนั้นสามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์ได้อย่างแม่นยำ โดยเคลื่อนที่ด้วยการขับของ Servo Motor ผ่านการสั่งงานจากบอร์ดคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ตามระยะการเคลื่อนที่ที่กำหนดคือ 20 cm ตามแกน X และ 20 cm ตามแกน Y โดยระยะเฉลี่ยจริงที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้นั้นคือ 19.79 cm ตามแกน X และ 19.78 cm ตามแกน Y ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด ดังนั้นจึงทำการทดสอบกับระบบ Machine Vision โดยการใช้กล้องจับตำแหน่งของภาพแทนการสั่งงานคอมพิวเตอร์แลประมวลผลผ่านโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาจาก Visual Studio โดยค่าระยะการเคลื่อนที่ผ่านกล้องที่จับได้คือ 21 cm ในแนวแกน X และ 20 CM. ในแนวแกน Y ซึ่งเมื่อโปรแกรมทำการประมวลผลเสร็จสิ้นและสั่งงานบอร์ดคอนโทรลเลอร์ให้ Servo Motor เคลื่อนที่ตามระยะแล้วผลปรากฏว่าระยะเฉลี่ยที่เคลื่อนที่ได้จริงคือ 20.77 CM. ตามแกน X และ 19.57 CM. ตามแกน Y โดยการทดสอบทั้งหมดทำซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยค่าเฉลี่ยที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา

5.2.1 ปัญหาที่พบ

แขนกลที่ทำขึ้นนั้นคือ แบบจำลองแขนกลที่ใช้จริงในอุตสาหกรรมซึ่งมีความสามารถในการรับแรงที่ไม่มาก อีกทั้งยังเป็นเพียงตัวต้นแบบที่ยังไม่ได้รับการพัฒนา จึงมีข้อจำกัดบางประการคือการเคลื่อนที่ของแขนกลนั้นยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร ซึ่งเกิดมาจากปัจจัยทางด้านโครงสร้างตัวส่งกำลังและกล้องจับภาพ ซึ่งสามารถวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นได้ว่ามาจากโครงสร้างที่ใช้เป็นแผ่นอะคริลิคซึ่งยังมีความอ่อนและงอตัวได้ Servo Motor ที่ราคาไม่สูงมากนัก ทำให้ตัวมอเตอร์รับแรงบิดไม่พอและการหมุนองศาไม่ตรงตามที่กำหนด ซึ่งค่าที่ส่งไปกับค่าที่รับกลับมามีความคลาดเคลื่อนกัน กล้องจับภาพที่ใช้เป็นกล้องที่มีตามท้องตลาดคือเป็นกล้องที่มีเลนส์ Wide ทำให้ตำแหน่งที่วัดจากกล้องมีความคาดเคลื่อนไปจากที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 แนวทางแก้ไข

โครงสร้าง

ควรเปลี่ยนโครงสร้างให้มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบาโดยอาจเลือกใช้เป็นอะลูมิเนียม ซึ่งจะทำให้การรับแรงและความทนทานสูงกว่าอะคริลิคแผ่น

อุปกรณ์ส่งกำลัง

Servo Motor ที่ใช้นั้นมีราคาถูกซึ่งบางชิ้นอาจไม่ได้มาตรฐานเพียงพอต่อการใช้งานทำให้ค่าที่ต้องการกับค่าที่เกิดขึ้นจริงมีความคาดเคลื่อน ดังนั้นควรใช้ Servo Motor ที่ได้มาตรฐาน ซึ่งจะมีราคาสูงกว่าที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป

กล้องจับภาพ

กล้องที่ใช้นั้นคือกล้อง Webcam ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งเป็นเลนส์ Wide มีความนูนของเลนส์มาก ทำให้การวัดระยะมีความคาดเคลื่อน จึงควรใช้กล้องที่มีคุณภาพสูงใช้งานเฉพาะสำหรับ Image Processing ซึ่งมีความนูนของเลนส์น้อยทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนน้อย แต่มีราคาสูงมาก

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

แขนกลและระบบ Machine Vision ยังสามารถปรับปรุงและพัฒนาต่อยอดไปได้อีก โดยอาจเปลี่ยนตัวจับยึดปลายมือให้ใช้งานอื่นได้อีกหลากหลาย อาทิเช่น งานเจาะ งานเจียร งานเชื่อม งานพ่นสี เป็นต้น โดยใช้กล้องและโปรแกรมประมวลผลแทนมนุษย์ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคนอีก ทั้งยังมีความแม่นยำและสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชม. ไม่หยุดพักซึ่งเป็นข้อได้เปรียบทางอุตสาหกรรมอย่างมาก นอกจากนี้ความปลอดภัยในการทำชิ้นงานจะยิ่งสูงขึ้นเพราะไม่เกิดความเสี่ยงจากแรงงานคน

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีประเภทนี้มาใช้อย่างแพร่หลาย เพื่อทดแทนการขาดแรงงานคนในประเทศ ซึ่งโดยปกติการนำเข้าเทคโนโลยีแขนกลและ Machine Vision มีราคาสูง การพัฒนาเทคโนโลยีนี้จึงมีความสำคัญที่ควรจะพัฒนาและทำใช้ขึ้นเองภายในประเทศเพื่อลดปริมาณเงินสูญเสียออกนอกประเทศ อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาศักยภาพทางอุตสาหกรรมให้ทัดเทียมกับต่างประเทศอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **"ประเภทของแขนกลในอุตสาหกรรม"** [Online]. Available :

http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=888

[2] **"เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)"** [Online]. Available :

https://www.sangchaimeter.com/support_detail/servo-motor

[3] **"ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)"** [Online]. Available :

http://sensorsphy.blogspot.com/2016/05/microcontroller.html

[4] **"Switching Power Supply"** [Online]. Available :

https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-switching-power-supply/

[5] **"การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)"** [Online]. Available :

https://digitalcpe2.wordpress.com/8-2/

[6] **"Introduction To Machine Vision"** [Online]. Available :

http://www.geocities.ws/k_kirkpong/chapter01.pdf

[7] **"Machine Vision Guide"** [Online]. Available :

http://www.compomax.co.th/product/machine-vision-guide/

[8] **"Vision System"** [Online]. Available :

http://www.tacvisionsystem.com/15090794/vision-system

[9] **"About OpenCV"** [Online]. Available : http://opencv.org/about.html

[10] **"About Emgu CV"** [Online]. Available :

http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้