หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย (ทับบี้บอต)
SECURITY ROBOT (TUBBYBOT)

ปวเรศ มานุวงศ์
สุวิมล เหรียญตระกูลชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย (ทับบี้บอต)

SECURITY ROBOT (TUBBYBOT)

ปวเรศ มานุวงศ์

สุวิมล เหรียญตระกูลชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECURITY ROBOT (TUBBYBOT)

PAWARES MANUWONG

SUVIMOL REINTRAGULCHAI

THIS THESIS IS SUBMITED 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 หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย (ทับบี้บอต)

SECURITY ROBOT (TUBBYBOT)

ผู้จัดทำ นายปวเรศ มานุวงศ์ 56010734

นางสาวสุวิมล เหรียญตระกูลชัย 56011375

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.รัชนี กุลยานนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย (ทับบี้บอต)

โดย

นายปวเรศ มานุวงศ์ 56010734

นางสาวสุวิมล เหรียญตระกูลชัย 56011375

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.รัชนี กุลยานนท์

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การรักษาความปลอดภัยของประเทศไทยในปัจจุบัน เป็นการใช้มนุษย์ในการปฏิบัติหน้าที่และกล้องวงจรปิดในการบันทึกภาพเหตุการณ์ ซึ่งบางครั้งการรักษาความปลอดภัยแบบนี้จะไม่รัดกุม มีช่องโหว่ และบ่อยครั้งที่มีคนภายในองค์กรเป็นสายให้กับบุคคลภายนอก หรือผู้ปฏิบัติหน้าที่นั้นขาดวินัย ทำให้เกิดความเสียหายแก่องค์กร รวมไปถึงความปลอดภัยของผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่อยู่ อาจเกิดการถูกทำร้ายร่างกายในรูปแบบต่าง ๆ ในยามคับขัน ดังนั้นทีมวิจัยและพัฒนาจึงคิดจะทำหุ่นยนต์ที่สามารถเป็นทั้งสายตาคอยตรวจสอบแทนเจ้าหน้าที่ และเป็นผู้แจ้งเตือนเหตุการณ์ได้แบบทันท่วงทีขึ้นมา

หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยมีระบบขับเคลื่อน 2 ล้อ ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนระบบ Android ผ่านระบบการเชื่อมต่อแบบ Wi-Fi และมีอุปกรณ์ตรวจจับระยะจำนวน 4 เครื่อง ติดตั้งรอบตัวหุ่นยนต์ เมื่อตรวจเจอว่ามีวัตถุหรือสิ่งกีดขว้างการเดินในระยะ 20 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะหยุดเดิน นอกจากนี้ยังมีกล้องติดตั้งอยู่บริเวณหัวของหุ่นยนต์เพื่อคอยประมวลผลภาพโดยการตรวจจับใบหน้า หากมีบุคคลแปลกหน้าจะทำการบันทึกภาพใบหน้าแล้วส่งภาพพร้อมข้อความแจ้งเตือนไปยัง Email ของผู้ที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECURITY ROBOT (TUBBYBOT)

By

Mr.Pawares Manuwong 56010734

Ms.Suvimol Reintragulchai 56011375

Advisor

Dr.Rutchanee Gullayanon

Academic Year 2016

ABSTRACT

Providing security in offices, warehouses and households are heavily rely on human operators. Sometimes, lacking disciplines in security guards leads to loosen security. There are often times security guards play a part in being thieves themselves. This causes damages to the organization and person's safety. Instead of having security guards making rounds physically, our team proposes a security robot, Tubbybot, that can remotely inspect properties and automatically alert if unusual events are detected.

Tubbybot is a wheel-based mobile robot with differential drive. It can be controlled via smartphones connected through Wi-Fi. Tubbybot has 4 ultrasonic sensors. When he detects any object less than 20 centimeters, the robot will stop walking. Tubbybot has a camera mounted on the head to process the image using facial detection. If there are strangers detected, he will take a face shot and send a warning message with the face shot image through email to those its registered owners immediately.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี โดยการประสิทธิ์วิชาจาก ดร.รัชนี กุลยานนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารและผู้ประสานงาน บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์และทุนทรัพย์ในการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งคำแนะนำและการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ขอขอบคุณนายสมสิน ทองไกรรัตน์ ที่คอยช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม และการแก้ไขจุดบกพร่องอย่างเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนพี่น้อง ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้ความอบอุ่นที่ดีต่อกัน

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง ทำให้คณะผู้จัดทำโครงงานสามารถทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำโครงงานขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ
นายปวเรศ มานุวงศ์
นางสาวสุวิมล เหรียญตระกูลชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญกราฟ	IX
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	2
1.5.1 ขั้นเตรียมงาน	2
1.5.2 ขั้นปฏิบัติงาน	2
1.6 ขอบเขตเวลาของแผนงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 ระบบควบคุมกลาง	4
2.1.2 ระบบควบคุมระยะไกล	4
2.1.3 ระบบตรวจจับใบหน้า	7
2.1.4 Application Blynk	11
2.1.5 การออกแบบ	11
2.1.6 Servo Motor	11
2.1.7 Gearbox	17
บทที่ 3 แนวคิดการเขียนโปรแกรมและการออกแบบ	**18**
3.1 หลักการออกแบบ	18
3.2 โครงสร้างและอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์	18
3.2.1 โครงสร้าง	18
3.2.2 Ultrasonic Sensor	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.3 IP Camera	20
3.2.4 NodeMCU ESP8266	21
3.2.5 Opto-isolator	21
3.2.6 Invertor	22
3.2.7 Step Up & Step Down	22
3.2.8 Router	23
3.3 โปรแกรมและการควบคุม	24
3.3.1 Application Blynk	24
3.3.2 AC Servo Drive	25
3.4 แผนผังการเชื่อมต่อ	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**27**
4.1 โครงสร้างหุ่นยนต์	27
4.2 การควบคุมระยะไกล	30
4.3 การตรวจจับใบหน้า	32
4.4 ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนของ AC Servo Motor	37
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	**41**
5.1 สรุปผล	41
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	41
5.3 ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	**42**
ภาคผนวก	**43**
ภาคผนวก ก PROGRAMMING	**44**
ภาคผนวก ข AC SERVO PARAMETER	**50**
ภาคผนวก ค DATASHEET	**52**
ภาคผนวก ง CIRCUIT DESIGN	**59**
ภาคผนวก จ MECHANICAL DESIGN	**60**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความเข้มของสัญญาณของเสาสัญญาณแต่ละแบบ	6
2.2 Cascaded Classifier	8
2.3 features ของ Haar wavelets	9
2.4 Integral Image	9
2.5 การกระจายตัวของข้อมูลตัวอย่าง	10
2.6 Servo Motor	12
2.7 ส่วนประกอบของ Servo Motor	13
2.8 วัสดุที่นำมาสร้างเป็นแม่เหล็กถาวร	14
2.9 การทำงานของ AC Servo Motor	15
2.10 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	16
2.11 Servo Driver	17
2.12 Gearbox	17
3.1 การทำงานของหุ่นยนต์ร่วมกับผู้ใช้งาน	18
3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย	19
3.3 Ultrasonic Sensor	19
3.4 Ultrasonic Sensor ที่ทำการแปลงวงจรแล้ว	20
3.5 IP Camera	20
3.6 NodeMCU ESP8266	21
3.7 วงจร Opto-isolator	21
3.8 Invertor ขนาด 1000W	22
3.9 Step up 12V to 24V	22
3.11 Router AC1200	23
3.12 หน้าต่างผู้ใช้งานบน Application Blynk	24
3.13 External I/O Module	25
3.14 AC Servo Drive	25
3.15 แผนผังแสดงวงจรไฟฟ้า	26
3.16 แผนผังแสดงวงจรสัญญาณ	26
4.1 ฐานของหุ่นยนต์ทั้ง 3 ชั้น และการติดตั้ง Ultrasonic sensor	27
4.2 เสาอะลูมิเนียมและการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	27
4.3 ด้านหน้าของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย	28
4.4 ด้านหลังหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ระยะจุดที่วัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi	30
4.6 รูปภาพตัวอย่างของบุคคลที่ 1 ที่ต้องการให้โปรแกรมรู้จัก	33
4.7 รูปภาพการตรวจจับใบหน้า เมื่อบุคคลที่ 1 อยู่ใกล้ IP Camera	33
4.8 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 1 แต่เป็นการระบุบุคคลที่ผิดพลาด	33
4.9 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 1 แต่เป็นภาพที่ไม่ใช่หน้าบุคคล	34
4.10 รูปภาพตัวอย่างของบุคคลที่ 2 ที่ต้องการให้โปรแกรมรู้จัก	34
4.11 รูปภาพการตรวจจับใบหน้า เมื่อบุคคลที่ 2 อยู่ใกล้ IP Camera	34
4.12 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 2 แต่เป็นการระบุบุคคลที่ผิดพลาด	35
4.13 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 2 แต่เป็นภาพที่ไม่ใช่หน้าบุคคล	35
4.14 รูปภาพการตรวจจับใบหน้า เมื่อบุคคลที่ไม่รู้จักอยู่ใกล้ IP Camera	35
4.15 การแจ้งเตือนพร้อมรูปภาพใบหน้าบุคคลต้องสงสัย บุคคลที่ 1	36
4.16 การแจ้งเตือนพร้อมรูปภาพใบหน้าบุคคลต้องสงสัย บุคคลที่ 2	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการปฏิบัติงาน	3
2.1 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g/n/ac	6
4.1 สรุปผลการทดลองการตรวจจับภาพและการแจ้งเตือน	36
4.2 แสดงค่า Accuracy ที่ความเร็วต่าง ๆ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่ **หน้า**

4.1 เปรียบเทียบระหว่างความเข้มสัญญาณ (dBm) กับระยะทาง (m) ของ RT-N12E, RT-N12HP B1 และ AR9485WB-EG 31

4.2 เปรียบเทียบระหว่างความเข้มสัญญาณ (dBm) กับระยะทาง (m) ของ RT-AC55UHP ที่มีมาตรฐานสัญญาณ และเสาสัญญาณที่ต่างกัน 31

4.3 เปรียบเทียบระหว่างความเข้มสัญญาณ (dBm) กับระยะทาง (m) ของ RT-N12E, RT-N12HP B1, RT-AC55UHP และ AR9485WB-EG 32

4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 50 RPM 37

4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 100 RPM 37

4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 50 RPM 38

4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 100 RPM 38

4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 50 RPM 39

4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 100 RPM 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

การรักษาความปลอดภัยของประเทศไทยในปัจจุบันเป็นแบบใช้มนุษย์เฝ้ายาม และใช้กล้องวงจรปิดบันทึกภาพเหตุการณ์ ซึ่งในบางครั้งการรักษาความปลอดภัยแบบนี้ไม่ค่อยรัดกุม มีบ่อยครั้งที่มีคนภายในองค์กรเป็นสายให้กับคนภายนอก หรือคนที่ทำหน้าที่เฝ้ายามนั้นขาดวินัย ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายแก่องค์กร รวมถึงความปลอดภัยของบุคคลที่ทำหน้าที่รักษาการ ที่อาจเกิดการถูกทำร้ายทางด้านร่างกายต่าง ๆ ได้ในยามคับขัน ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงคิดทำหุ่นยนต์ที่สามารถเป็นสายตาคอยตรวจสอบแทนเจ้าของหรือเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย และเป็นผู้แจ้งเตือนเหตุการณ์ได้แบบทันทวงทีขึ้นมา

โลกในปัจจุบันเทคโนโลยีได้ก้าวล้ำไปมาก มีหลายบริษัทในต่างประเทศได้ผลิตหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยขึ้นมามากกมาย ซึ่งมีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงใหญ่ มีฟังก์ชันการทำงานที่เป็นจุดเด่นแตกต่างกันไป จึงได้ศึกษาและประยุกต์นำเอาข้อดีของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยของต่างประเทศนั้นมาปรับและประยุกต์ใช้ในโครงงานนี้ เพื่อประดิษฐ์หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยที่สามารถเดินตรวจตาภายในอาคารอัตโนมัติ และสามารถแจ้งเตือนไปยังเจ้าของด้วยข้อความเมื่อพบบุคคลต้องสงสัย เป็นต้น

การแข่งขัน Delta Cup 2016 ที่ประเทศจีน เมืองหวูเจียง เซี่ยงไฮ ภายใต้หัวข้อ “Smart Robot, Smart Machine and Internet of Thing” ช่วงปลายเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ทางบริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ได้ให้การสนับสนุนเรื่องอุปกรณ์ และงบประมาณในการสร้างผลงานเป็นตัวแทนประเทศไทยไปแข่งขันในโครงการดังกล่าว โดยมีข้อแม้ว่าจะต้องใช้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทด้วย อุปกรณ์ภายในโครงงานนี้จึงใช้ผลิตภัณฑ์ของเดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ Servo Motor และ AC Servo Drive

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อลดค่าใช้จ่าย
2. เพื่อลดความเสี่ยงจากการปะทะกัน
3. แก้ปัญหาการรายงานที่ล่าช้า

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย
2. ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ของบริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ต
4. ออกแบบโปรแกรมตรวจสอบใบหน้าของบุคคลพร้อมบันทึกภาพ
5. ออกแบบแอพพลิเคชันในการควบคุมระยะไกลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถนำไปใช้เพิ่มระดับการรักษาความปลอดภัย
2. สามารถนำความรู้ที่ได้จากในห้องเรียนและการศึกษาเพิ่มเติมมาปฏิบัติจริง

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ขั้นเตรียมงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัยและผลงานด้านหุ่นยนต์
2. ศึกษาอุปกรณ์ของบริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
3. ศึกษาภาษา C++, โปรแกรม Microsoft Visual Studio, โปรแกรม Arduino, โปรแกรม ASDA Soft และโปรแกรม DOP Soft
4. ศึกษาระบบตรวจจับใบหน้า และการควบคุมระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต
5. ศึกษาวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหุ่นยนต์ และระบบควบคุมต่าง ๆ

1.5.2 ขั้นปฏิบัติงาน

1. ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์, ระบบไฟฟ้าภายใน และการวางตำแหน่งอุปกรณ์
2. ออกแบบโปรแกรมตรวจจับใบหน้า และแอพพลิเคชันควบคุมระยะไกล
3. จัดซื้อและประกอบโครงสร้างหุ่นยนต์ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และกลไกขับเคลื่อน
4. ทดสอบประสิทธิภาพการขับเคลื่อนและการควบคุมระยะไกล
5. ปรับปรุงโครงสร้างภายในและลดการใช้อุปกรณ์เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.6 ขอบเขตเวลาของแผนงาน

1. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับผลงานที่เกี่ยวข้อง ความเป็นไปได้ และแนวทางในการพัฒนา จากผลงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบโครงสร้างที่เป็นไปได้ ทั้งระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมและระบบขับเคลื่อน
3. จัดทำโครงสร้าง และจัดซื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการสร้างหุ่นยนต์
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมการตรวจจับใบหน้า และแอพพลิเคชันควบคุมระยะไกล
5. ทดสอบการทำงานของแต่ละระบบ และทดสอบการทำงานของระบบโดยรวม ให้ได้มาซึ่งปัญหา ข้อผิดพลาด และการแก้ไขจุดบกพร่องนั้น ๆ
6. สรุปผลการดำเนินงาน จัดทำรายงานผลการปฏิบัติงาน และการทดสอบการทำงานของโครงงานที่พัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2559					2560				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับผลงานที่เกี่ยวข้อง										
2. ออกแบบโครงสร้างระบบควบคุม										
3. เตรียมซื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น										
4. จัดทำโครงสร้างและระบบขับเคลื่อน										
5. ออกแบบและเขียนโปรแกรม										
6. ทดสอบการทำงานและแก้ไขจุดบกพร่อง										
7. สรุปผล และจัดทำรูปเล่มรายงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การสร้างหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย มีปัจจัยหลายด้านที่เกี่ยวข้อง ทั้งในด้านการออกแบบ การใช้งาน และการวางโครงสร้างการควบคุม ซึ่งสิ่งที่เกี่ยวข้องนี้จะถูกนำมาศึกษาทั้งสิ้น

2.1.1 ระบบควบคุมกลาง

อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในการสั่งการหุ่นยนต์เคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน โดยการแบ่งแยกนั้นจะขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการเขียนโปรแกรมและความสามารถของอุปกรณ์

1. Programmable Logic Controller (PLC)
2. Microcontroller Unit (MCU)

จากการศึกษาพบว่า PLC นั้นมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากกว่า MCU แต่ไม่สามารถทำงานหรือสั่งงานได้หลากหลายเท่า MCU

2.1.2 ระบบควบคุมระยะไกล

ในการควบคุมระยะไกลนั้น ปัจจุบันมีการเลือกใช้สัญญาณวิทยุ, Bluetooth และ Wi-Fi และในการเลือกสัญญาณเหล่านี้มาใช้งานในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต จะเลือกใช้สัญญาณที่เป็น Wi-Fi แต่ยังมีข้อจำกัดอีกมาก โดยแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

1. มาตรฐาน Wireless Standards IEEE 802.11

IEEE 802.11 คือมาตรฐานการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย ที่กำหนดขึ้นโดย Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) เป็นมาตรฐานกลางที่ได้นำมาปฏิบัติใช้เพื่อที่จะทำการเชื่อมโยงอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเข้าด้วยกันบนระบบเครือข่าย

IEEE 802.11a

ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เพื่อปรับปรุงความเร็วในการส่งข้อมูลให้วิ่งได้สูงถึง 54 Mbps บนความถี่ 5.0 Ghz ซึ่งจะมีคลื่นรบกวนน้อยกว่าความถี่ 2.4 Ghz ที่มาตรฐานอื่นใช้กัน ในอัตราการส่งข้อมูลนี้สามารถทำการแพร่ภาพและข่าวสารที่ต้องการความละเอียดสูงได้ ซึ่งอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลงได้ เพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่มาตรฐานนี้ใช้การเชื่อมต่อที่ความถี่สูง ทำให้มีระยะการรับส่งที่ค่อนข้างใกล้ ประมาณ 35 เมตร ในพื้นที่ปิด และ 120 เมตรในพื้นที่เปิด จากการที่ส่งข้อมูลด้วยความถี่สูงนี้ ทำให้การส่งข้อมูลนั้นไม่สามารถทะลุทะลวงโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้างได้มากนัก อุปกรณ์ไร้สายที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11a นี้ จะไม่สามารถเข้ากันได้กับอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g

IEEE 802.11b

ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผนวกกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz เนื่องจากการใช้คลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11a ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐานนี้จะมีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณไปได้ไกล คือ 38 เมตรในพื้นที่ปิดและ 140 เมตรในพื้นที่เปิดรวมถึงสัญญาณสามารถทะลุทะลวงสิ่งปลูกสร้างได้มากกว่าอุปกรณ์ที่รองรับกับมาตรฐาน IEEE 802.11a ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายภายใต้มาตรฐานนี้ได้รับการผลิตออก มาเป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ เช่น IEEE 802.11, Bluetooth, โทรศัพท์ไร้สาย และเตาไมโครเวฟ เป็นต้น

IEEE 802.11g

ใช้เทคโนโลยี OFDM ของ 802.11a มาพัฒนาบนความถี่ 2.4 Ghz จึงทำให้ใช้ความเร็ว 36-54 Mbps ซึ่งเป็นความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b เป็นการผสมผสานกันระหว่างมาตรฐาน 802.11a และมาตรฐาน 802.11b เข้าด้วยกัน ซึ่งมาตรฐาน 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน

IEEE 802.11n

ใช้เทคโนโลยี MIMO-OFDM ที่พัฒนามาจาก IEEE 802.11g ทำงานบนย่านความถี่ 2.4 และ 5.0 GHz โดยที่สามารถให้อัตราการส่งถ่ายข้อมูลสูงสุดถึง 300 Mbps มีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณ ได้ระยะประมาณ 70 เมตรในพื้นที่ปิด และ 250 เมตรในพื้นที่เปิด ทั้งนี้ยังเพิ่มความสามารถในการกันสัญญาณกวนจากอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz เหมือนกัน และรองรับอุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ได้

IEEE 802.11ac

เป็นมาตรฐานใหม่ของระบบเครือข่ายไร้สาย โดยใช้การมอดูเลตสัญญาณแบบใหม่, ปรับช่องสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และรองรับการส่งข้อมูลพร้อมกันถึง 8 ชุด (8 Spatial Streams) ส่งผลให้มาตรฐาน IEEE 802.11ac สามารถทำความเร็วสูงสุดตามทฤษฎีได้ที่ประมาณ 6.93 Gbps แต่ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันสามารถรับส่งข้อมูลพร้อมกันได้เพียง 3 ชุด และความเร็วสูงสุดประมาณ 1.3 Gbps เท่านั้น อย่างไรก็ตามมาตรฐาน IEEE 802.11ac จะรองรับการใช้งานเฉพาะบนคลื่นความถี่ 5.0 GHZ

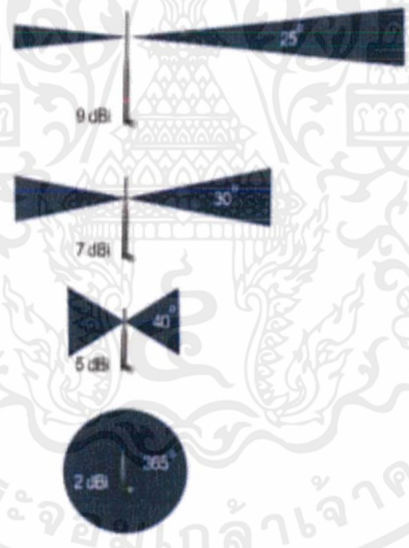
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g/n/ac

IEEE 802.11	ความถี่ (GHz)	แบนวิด (MHz)	ระยะรับส่งข้อมูลในพื้นที่ปิด (m)	ระยะรับส่งข้อมูลในพื้นที่เปิด (m)
a	5.0	20	35	120
b	2.4	20	38	140
g	2.4	20	38	140
n	2.4/5.0	20/40	70	250
ac	5.0	20/40/80/160	35	-

2. เสาสัญญาณ

ในการใช้งานอุปกรณ์ส่งสัญญาณไร้สายตามมาตรฐานต่าง ๆ การที่จะทำให้รับส่งสัญญาณได้ระยะทางไกล หรือมีการรับส่งข้อมูลที่มากนั้น จำเป็นต้องมีเสาสัญญาณเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการทำงานให้ได้ตามต้องการ โดยอุปกรณ์ทั่วไปจะมีเสาสัญญาณแบบ Omni ซึ่งมีองศาการกระจายสัญญาณแบบคลื่นเป็น 360 องศา และมุมองศานี้จะลดลงตามกำลังขยายที่เพิ่มขึ้น (dBi) ซึ่งเมื่อมีกำลังขยายที่มากขึ้น อำนาจการส่งสัญญาณจะมากขึ้นตามไปด้วย ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความเข้มของสัญญาณของเสาสัญญาณแต่ละแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ระบบตรวจจับใบหน้า

ระบบตรวจจับใบหน้านั้นมีพื้นฐานการใช้งานโดยใช้กล้องและโปรแกรมเป็นหลัก และจะมีการนำฟังก์ชันอื่นเข้ามาเสริมเพื่อให้สามารถออกแบบโปรแกรมการตรวจจับใบหน้า

Microsoft Visual Studio

Integrated Development Environment โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยนักพัฒนาซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ เว็บแอพพลิเคชัน และเว็บ เซอร์วิซ ระบบที่รองรับการทำงานนั้นมีไมโครซอฟท์ วินโดวส์ พ็อคเกตพีซี Smart Phone และ เว็บเบราว์เซอร์ ในปัจจุบัน วิชวลสตูดิโอนั้นสามารถใช้ภาษาโปรแกรมที่เป็นภาษาดอตเน็ต ในโปรแกรมเดียวกัน เช่น VB.NET C++ C# J# เป็นต้น

OpenCV 3.0.0

OpenCV หรือ Open Computer Vision พัฒนาโดย Intel เป็น Open Source ที่ใช้งานได้ทั้งแพลตฟอร์ม PC และ Android เป็นหลัก ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของ Library ในภาษา C++ และ Python ที่ใช้ในการประมวลผลเกี่ยวกับ Image Processing

Grayscale

ภาพระดับสีเทา หรือภาพขาว-ดำ-เทา โดยจะมีระดับความเข้มของสีเทาคือ 0-255 (8 bit) ซึ่งจะเกิดจากการแปลงภาพสี RGB มาเป็นภาพ Grayscale โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$Gray = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

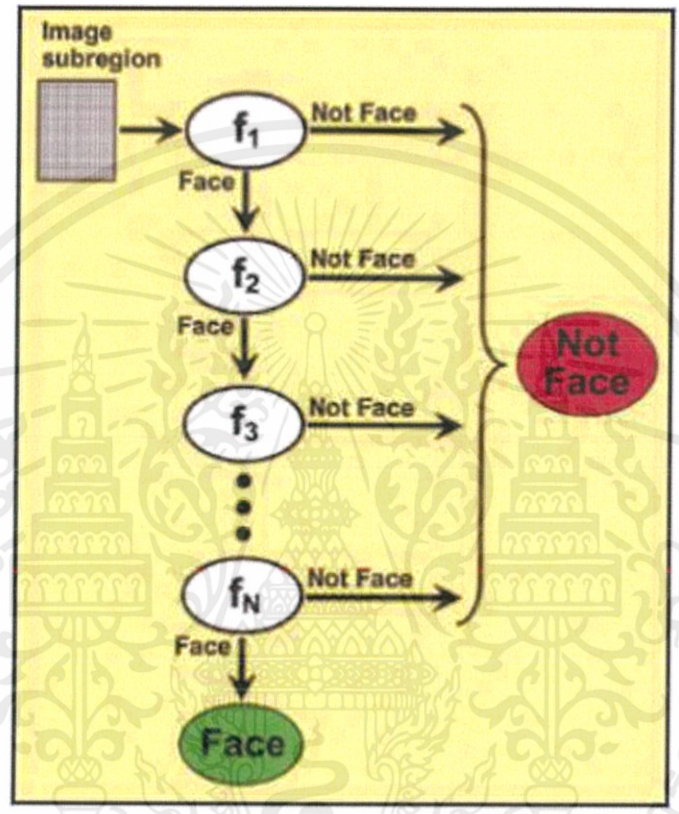
Gray = ค่าความเข้มของสีเทาโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255
R = ค่าความเข้มของสีแดงโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255
G = ค่าความเข้มของสีเขียวโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255
B = ค่าความเข้มของสีน้ำเงินโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

โดยขั้นตอนการคำนวณจะทำทีละภาพไปเรื่อย ๆ จนครบทุกพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cascaded Classifier

ตัวจำแนกประเภทแบบ Cascaded (Cascaded Classifier) คือ เป็น Classifier หลายตัวต่อกันเป็นลำดับดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเมื่อ Sub-Window ถูกจัดประเภทเป็น “ไม่ใช่ใบหน้า” (Non-Face) จะถูกปฏิเสธทันที แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้า Sub-Window นั้น ถูกจำแนกเป็น “มีโอกาสเป็นใบหน้า” (Maybe-Face) จะถูกส่งต่อไปยัง Classifier ตัวถัดไปตามลำดับ และยิ่งมีจำนวนชั้นของ Classifier มากเท่าใด โอกาสที่ Sub-Window เป็นใบหน้าจะมีมากขึ้น

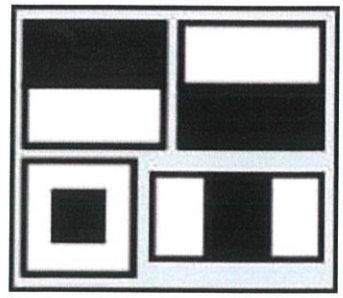


รูปที่ 2.2 Cascaded Classifier

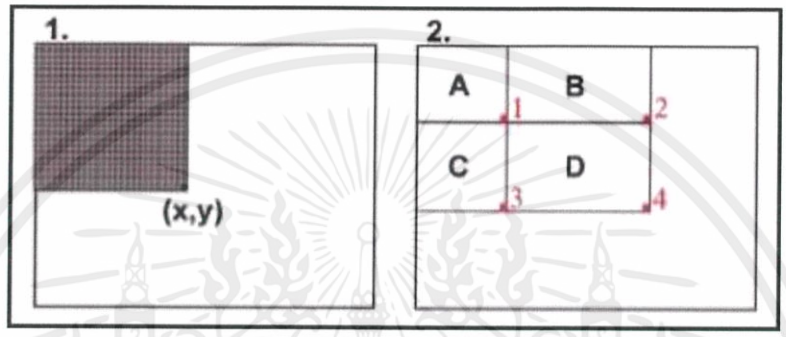
จากการใช้อัลกอริทึมค้นหาหน้าของ Viola-Jones คือ การใช้ตัวตรวจหาหลาย ๆ ครั้งบนภาพเดิม แต่ด้วยขนาดที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะมีใบหน้ามากกว่าหนึ่งหน้า ผลลัพธ์ของ Sub-Window จำนวนมากยังคงเป็นลบ (Negative Non-Faces) ซึ่งปัญหานี้แก้ได้โดยใช้หลักการ “ปฏิเสธสิ่งที่ไม่ใช่ใบหน้า แทนการค้นหาใบหน้า” เพราะการตัดสินใจว่าบริเวณใด ๆ ไม่ใช่ใบหน้านั้นทำได้เร็วกว่าการค้นหาใบหน้า

ตัวตรวจหาที่ใช้จำนวนครั้งในการคำนวณคงที่ แม้จะมีขนาดของภาพแตกต่างกัน โดยตัวตรวจหาดังกล่าวนี้สร้างขึ้นโดยใช้ Features ของ Haar Wavelets ดังรูปที่ 2.3 และ Integral Image ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Features ของ Haar Wavelets

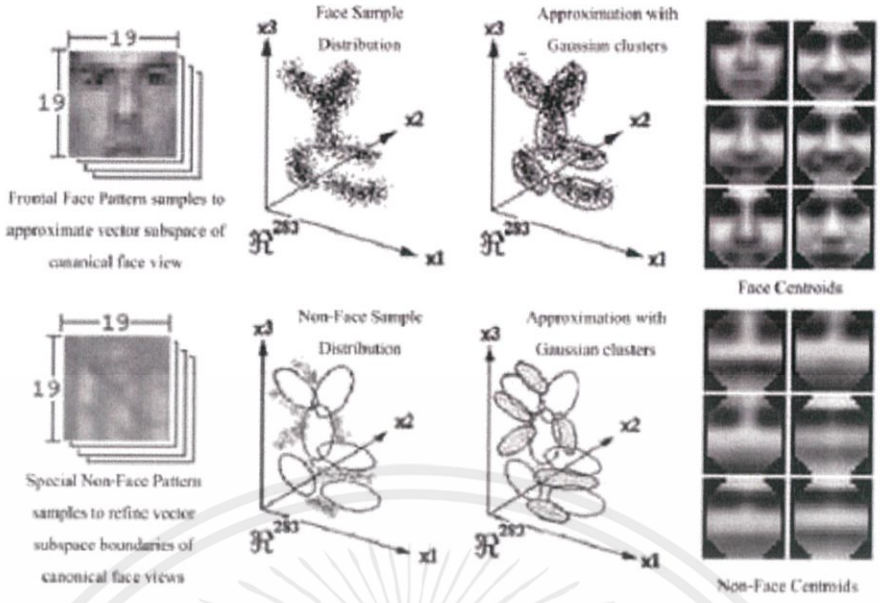


รูปที่ 2.4 Integral Image

Eigenfaces

เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานของใบหน้า ด้วยกระบวนการทางสถิติของใบหน้าที่หลากหลาย โดยหน้าลักษณะเฉพาะคือ เซตของเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (Eigen Vector) ที่สามารถหาได้จากเมทริกซ์ความแปรปรวน ร่วมเกี่ยว (Covariance Matrix) สร้างเป็นแบบจำลองของใบหน้าที่รวมเอาลักษณะเด่นต่าง ๆ ของภาพใบหน้าตัวอย่างมาร่วมกันเพื่อหาค่าเฉพาะเจาะจงขององค์ประกอบบนใบหน้า ซึ่งในแต่ละบุคคลจะเป็นค่าเฉพาะของบุคคลนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น Turk and Pentland (1991) นำภาพระดับเทามาแปลงเป็นเวกเตอร์เพื่อหาค่าลักษณะเฉพาะและนำค่าลักษณะเฉพาะของตัวอย่างภาพหน้าบุคคล มาสร้างเป็นแบบจำลองหน้าลักษณะเฉพาะเพื่อค้นหาตำแหน่งของใบหน้า วิธีเชิงการกระจาย (Distribution-Base Methods) เป็นการแสดงการกระจายตัวของรูปแบบข้อมูลตัวอย่างที่มีความเป็นหน้าและความไม่เป็นหน้าเพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการตัดสินใจ ตัวอย่างเช่น Sung and Poggio (1998) นำฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Function) มาประมาณกลุ่มการกระจายของค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การกระจายตัวของข้อมูลตัวอย่าง

ภาษา C++

C++ คือ ภาษา C Programming Language รุ่นใหม่ เป็นภาษาในการเขียนโปรแกรม ถูกพัฒนาโดย Dr.Bjarne Stroustrup เป็นนักวิจัยอยู่ที่ห้องปฏิบัติการ Bell Labs ประเทศสหรัฐอเมริกา ในระหว่างปี พ.ศ. 2525-2528 ภาษา C++ เกิดจากแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพภาษา C โดยได้นำความสามารถของ ภาษา C มาพัฒนา ให้เป็นโปรแกรมภาษาที่มีความเป็น Object Oriented Programming (โปรแกรมเชิงวัตถุ) จากการพัฒนานี้ทำให้ทุกสิ่งที่ภาษา C ทำได้ ภาษา C++ ก็จะสามารถทำได้ แต่สิ่งที่ภาษา C++ ทำได้ ภาษา C อาจจะทำไม่ได้

ภาษา C++ ถูกออกแบบมาสำหรับการทำงานภายใต้สิ่งแวดล้อมระบบปฏิบัติการ UNIX ด้วยภาษา C++ ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ การเขียนโปรแกรมเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (Reusability) ก็สามารถทำได้ง่ายขึ้น

IP Camera

IP Camera คือ กล้องวงจรปิดประเภทหนึ่ง โดยเป็นกล้องวงจรปิดประเภทที่นำความสามารถของกล้องวงจรปิด และระบบ Computer Network มารวมกัน โดยตัวกล้อง จะประกอบไปด้วย Image Processing, Compression, Video Analysis และ Network function นอกจากนี้ IP Camera ยังมี IP Address ของตัวเอง ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบ Network ที่บ้าน ที่ออฟฟิศ หรือสำนักงานได้ด้วยตัวมันเอง ไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริม

นอกจากนี้ กล้องวงจรปิด IP Camera ยังสามารถตั้งค่าให้ ดู Live Video หรือถ่ายทอดสดผ่าน Web Browser ได้และยังสามารถตั้งเวลาในการบันทึกภาพหรือวีดีโอ และ Motion Censor ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Application Blynk

Blynk เป็น Platform ที่ช่วยให้เชื่อมต่อระหว่าง Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 กับ Mobile App ได้ง่ายขึ้น ข้อดีของ Blynk คือ สามารถนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาใช้งานได้โดยไม่ต้องการอุปกรณ์เสริมเข้ามาเพิ่ม แต่ต้องเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเพื่อใช้งาน

บริการของ Blynk มี 3 ส่วนคือ

1. Mobile App สำหรับควบคุมหรือดูข้อมูล
2. Cloud Service สำหรับเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์
3. Library สำหรับเขียนโค้ดเชื่อมต่อกับ Cloud Service

2.1.5 การออกแบบ

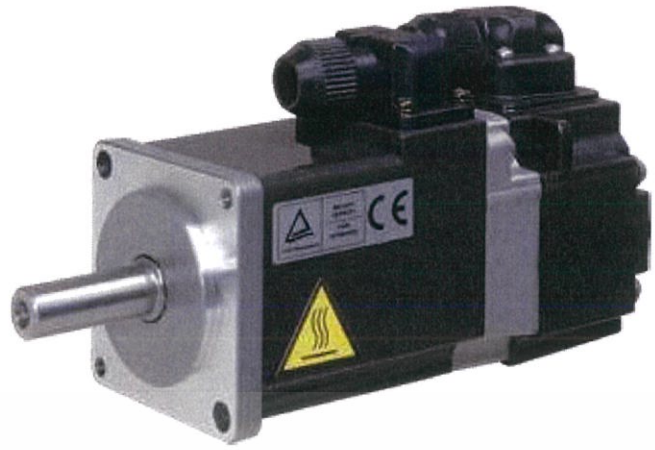
การออกแบบโครงสร้างขจองหุ่นยนต์นั้นจะออกแบบผ่านโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนแบบแปลน โครงสร้าง หรือรายละเอียดต่าง ๆ ได้ และสามารถจำลองจำภาพจริงได้อีกด้วย ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบนั้น มี 2 โปรแกรมด้วยกัน คือ SolidWorks และ Autodesk Fusion 360

2.1.6 Servo Motor

Servo Motor เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่แบบหมุน (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง

ขนาดของ Servo Motor จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ Servo Motor ของเดลต้าจะมีขนาดตั้งแต่ 100W-7.5kW ทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งานมากขึ้น ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 Servo Motor

1. ประเภทของ Servo Motor

โดยทั่วจะมีทั้ง DC Servo Motor และ AC Servo Motor ในเครื่องจักรรุ่นเก่า ๆ ซึ่งจะพบว่า DC Servo Motor มีการใช้เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมมากกว่า AC Servo Motor เนื่องจากช่วงที่ผ่านมาการควบคุมกระแสกระแสสูง ๆ นั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขีดความสามารถให้ตัดต่อกระแสสูงและใช้งานที่ความถี่ได้สูงขึ้น จึงทำให้ระบบควบคุมแบบ AC และระบบ Servo ได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกประเภทของ Servo ได้ดังนี้

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน (Brush Type)

Servo ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์ เหมือนกับดีซีมอเตอร์ทั่วไป

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless Type)

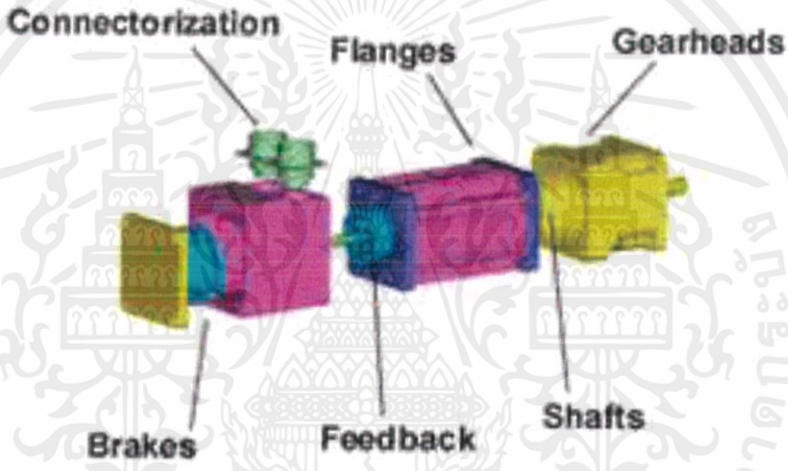
Servo ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยดีซีเซอร์โว (DC Brushless Servo โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร) เอซีเซอร์โว (AC Servo) ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โว อะซิงโครนัสเซอร์โว (การนำอินดัคชันมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์) และสเตปปิ้งเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โว ก็คือการใช้งานจะต้องเป็นแบบ Closed Loop เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบ Open Loop ได้ เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุม จะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโค้ดเตอร์ (Encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค๊ดเตอร์ ถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ (Package ซึ่งมี Encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของ Servo Motor

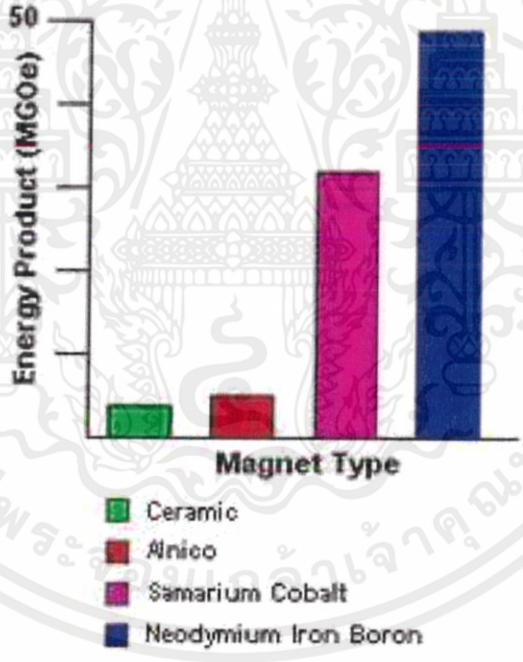
Gearheads	=	เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด
Shafts	=	เพลาของมอเตอร์
Flanges	=	หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์
Feed back	=	อุปกร์ป้อนกลับหรือ Encoder
Connectorization	=	ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์ และขั้วต่อสายสำหรับ Encoder
Breakes	=	ชุดเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของ AC Servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน,ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

สำหรับวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวรนี้จะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับราคาและเทคโนโลยีของบริษัทผู้ผลิตนั้น ๆ ซึ่งมีตั้งแต่ชนิดที่ราคาถูก เช่น เซรามิก (เฟอไรต์) จนถึงการใช้วัสดุที่มีราคาแพงอย่างเช่น ซามาเรียม โคบอลต์ หรือนีโอไดเมียม เป็นต้น (ปัจจุบันเอซีเซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุสารแม่เหล็กแบบนีโอไดเมียม เนื่องจากมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก และความเหมาะสมเรื่องราคาดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุสารแม่เหล็กแบบอื่น ๆ ดังรูปที่ 2.8



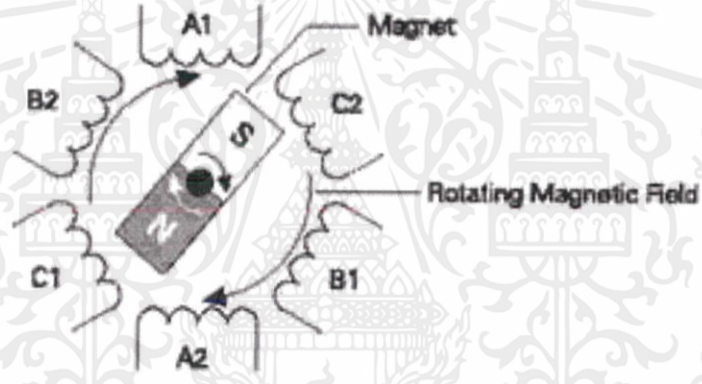
รูปที่ 2.8 วัสดุที่นำมาสร้างเป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส ดังรูปที่ 2.9 กล่าวคือ เมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซี แต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีซี่คอมมิวเตอรเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) ซึ่งหมายถึงซิงโครนัสมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน บ้างก็เรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo Motor) หรือบ้างก็เรียกว่า AC Brushless หรือ Brushless Motor เป็นต้น

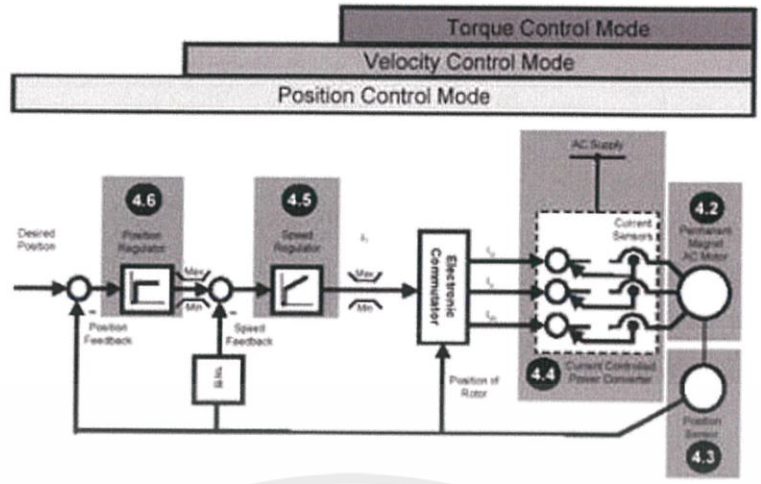


รูปที่ 2.9 การทำงานของ AC Servo Motor

4. โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed Loop Control) ซึ่งประกอบด้วยการควบคุม 3 แบบคือ การควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด, การควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) (ตำแหน่ง 4.2), ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว Servo Drive, Servo Amplifier หรือเรียกว่า Servo Controller (ตำแหน่ง 4.4, 4.5, 4.6), อุปกรณ์ป้อนกลับ Feedback Device เช่น Speed Encoder และ Position Sensor (ตำแหน่ง 4.3)

องค์ประกอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานเพียงตัว Servo Motor เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้ Servo Motor จะควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. คอนโทรลเลอร์ (Controller)

Controller มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ Servo Motor นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่และระยะทางใกล้หรือไกลแค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว Servo Moter

2. เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)

Servo Driver จะรับสัญญาณมาจาก Controller และสั่งการให้กับตัว Servo Motor เคลื่อนที่ตามที่ Controller สั่งการมา แต่ Controller ไม่สั่งการควบคุมโดยตรงไปที่ Servo Motor เนื่องจาก Servo Driver จะเป็นตัวที่ปรับค่าของตัว Servo Motor ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุม ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็ว (Speed Control), การควบคุมแรงบิด (Toque) และการควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ตัว Servo Driver จะเป็น ตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัว Servo Motor ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้ Servo Motor ก็จะต้องมี Servo Driver เสมอ **ดังรูปที่ 2.11**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

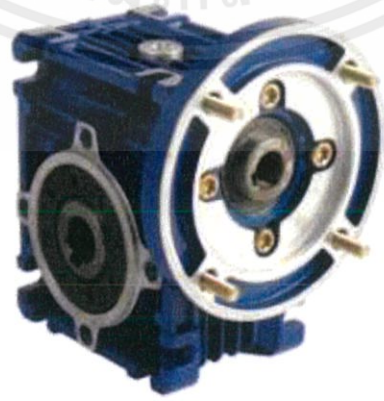
รูปที่ 2.11 Servo Driver

3. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ทำหน้าที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้รับคำสั่งจากตัว Servo Driver พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัว Servo Driver ว่าตอนนี้ Servo Motor เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่และระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไหร่แล้ว ด้วยสัญญาณของตัว Encoder ที่อยู่ภายในตัว Servo Motor ทำให้การเคลื่อนที่ของ Servo Motor นั้นมีความแม่นยำสูง

2.1.7 Gearbox

Gearbox เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับส่งกำลังทางกล มีหน้าที่ทดรอบการหมุนหรือแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์จากค่าหนึ่งไปยังค่าที่ต้องการใช้งาน ซึ่งภายใน Gearbox นั้นจะมีระบบเฟืองอยู่ภายในโดยอัตราทดที่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการวางของเฟือง, จำนวนเฟืองและขนาดของเฟืองที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.12



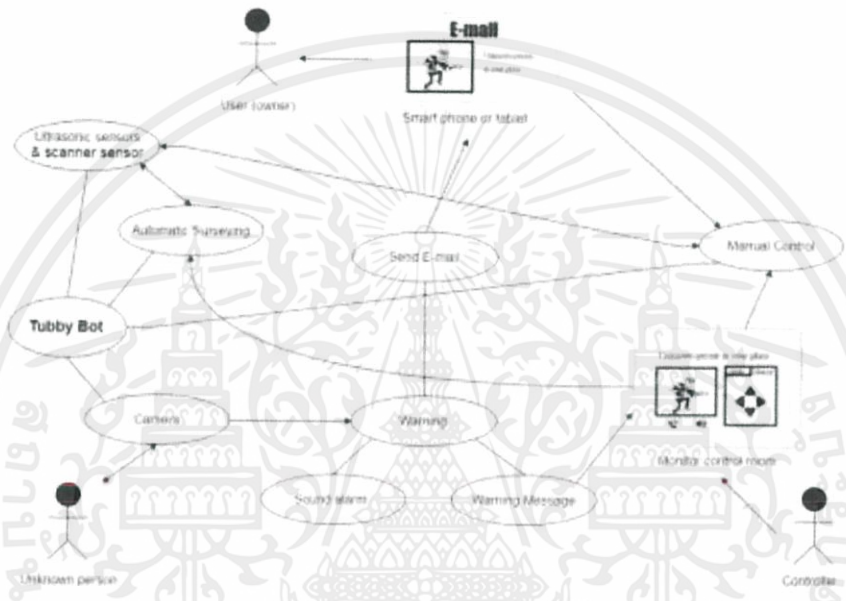
รูปที่ 2.12 Gearbox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แนวคิดการเขียนโปรแกรมและการออกแบบ

3.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบนั้นจะคำนึงถึงการทำงานของหุ่นยนต์ที่มีการทำงานร่วมกันของหุ่นยนต์และผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 3.1



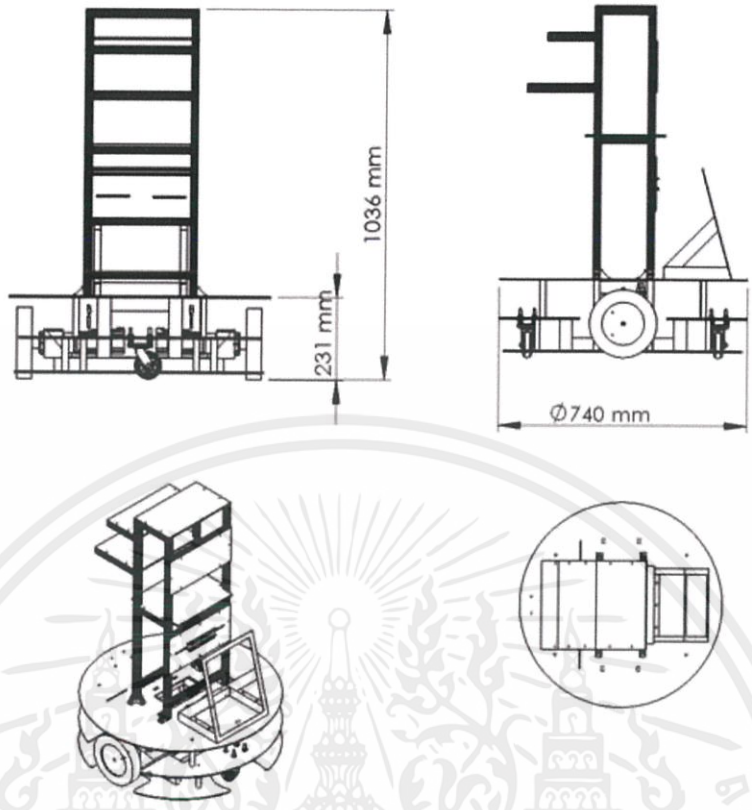
รูปที่ 3.1 การทำงานของหุ่นยนต์ร่วมกับผู้ใช้งาน

3.2 โครงสร้างและอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์

3.2.1 โครงสร้าง

ส่วนฐานแบ่งเป็น 3 ชั้น ทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มม. 3 แผ่น วางซ้อนกันบนโครงเสาเหล็กกล่องหนา 1 มม. ขนาด 2 x 1 นิ้ว และส่วนชั้นด้านบนฐานเหล็กทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ กับแผ่นอะคลีลิกใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

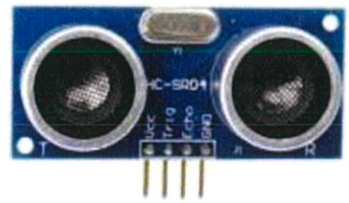


รูปที่ 3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย

จากรูปที่ 3.2 จะมีการติดตั้ง Ultrasonic sensor จำนวน 4 ตัว รอบหุ่นยนต์เพื่อป้องกันไม่ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ชนสิ่งกีดขวาง

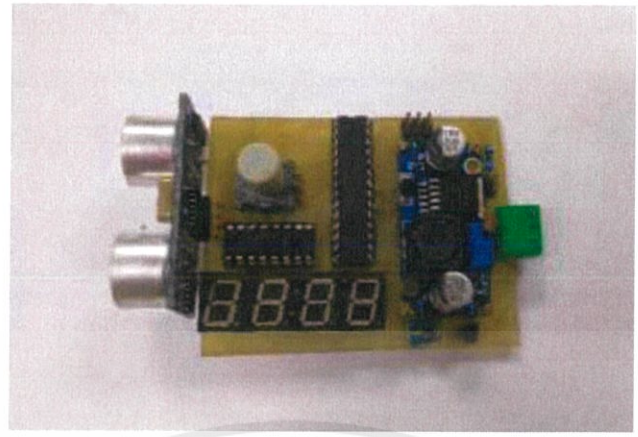
3.2.2 Ultrasonic Sensor

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับระยะ ในการเดินของหุ่นยนต์จำเป็นต้องมีเพื่อไม่ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปชนสิ่งกีดขวาง โดยปกติ Ultrasonic Sensor ทั่วไปในท้องตลาดจะใช้รุ่น HC-SR04 ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งโดยปกตินั้นจะส่งสัญญาณเป็น Analog ที่ใช้ร่วมกับ Arduino แต่สัญญาณที่ AC Servo Drive นั้นจะรับค่าเป็น Digital ทำให้ต้องมีวงจรแปลงสัญญาณและแรงดันไฟเพิ่มขึ้นมา จากนั้นจึงทำการกำหนดค่าระยะห่างในการตรวจจับระยะเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 Ultrasonic Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Ultrasonic Sensor ที่ทำการแปลงวงจรแล้ว

3.2.3 IP Camera

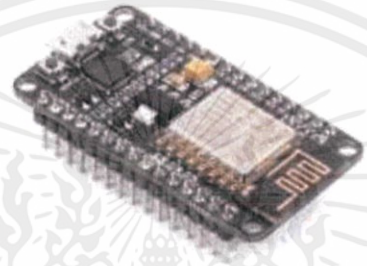
IP Camera เป็นกล้องที่ติดตั้งอยู่บนส่วนหัวของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่ส่งภาพไปยังคอมพิวเตอร์ในระบบเพื่อนำภาพที่ได้ไปประมวลผลต่อไป ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งที่จำเป็นต้องอยู่ส่วนหัว และด้านหน้าเพื่อให้สามารถรับภาพมุมต่ำ หรือระดับต่ำกว่าตัวมนุษย์ เพื่อให้สามารถแสดงภาพในระดับต่ำ และยังสามารถมองเห็นใบหน้ามนุษย์ได้ ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 IP Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 เป็น Plate Form หนึ่งที่เป็นตัวช่วยในการทำงานเกี่ยวกับระบบอินเตอร์เน็ต ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น Open Source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นมา พร้อมกับโมดูล Wi-Fi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output Buil-in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่น ๆ ปัจจุบันมีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรม ดังรูปที่ 3.6

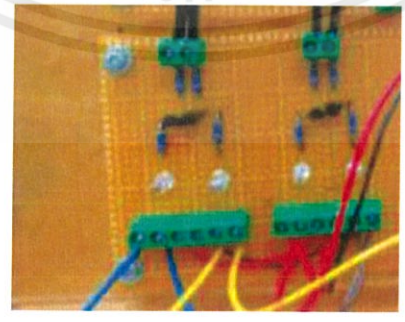


รูปที่ 3.6 NodeMCU ESP8266

3.2.5 Opto-isolator

การสั่งงานจาก NodeMCU นั้นจะมีแรงดันไฟที่น้อยจึงจำเป็นต้องใช้วงจรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง จากการศึกษาพบว่าสามารถใช้ Opto-Isolator ได้

Opto-Isolator เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเปลี่ยนกลับจากแสงเป็นไฟฟ้าตามเดิม ใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดเพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็นหลายชนิดแต่ละชนิดจะประกอบด้วย LED ส่งแสงซึ่งปติจะเป็นชนิดอินฟาเรดและตัวรับแสงที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือโฟโต้ไดโอด โดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวเดียวกัน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจร Opto-Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 Invertor

จากการเลือกใช้ AC Servo Motor ทำให้หุ่นยนต์จำเป็นต้องมี Invertor ทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรีเป็นกระแสสลับ (AC) ดังรูปที่ 3.8

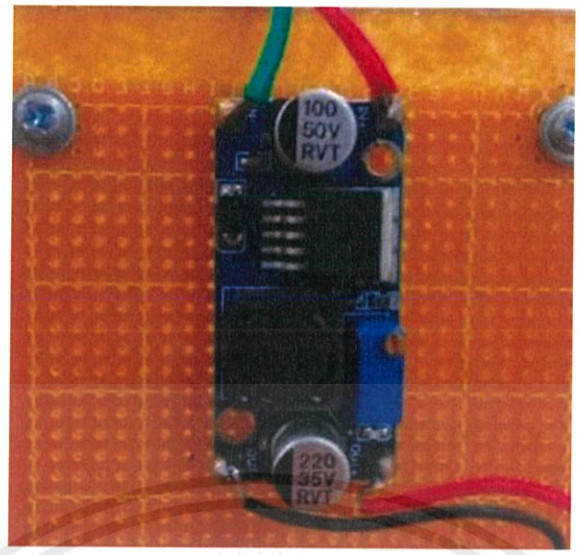
รูปที่ 3.8 Invertor ขนาด 1000W

3.2.7 Step Up & Step Down

จากการเลือกใช้ AC Servo Drive ที่มีการรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้า 24V แต่การเลือกใช้แบตเตอรี่นั้นจะใช้เพียงแค่ 12V จึงต้องมีอุปกรณ์เพิ่มแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.9 และ NodeMCU ESP8266 นั้นใช้แรงดันไฟ 5V จึงต้องมีอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.9 Step Up 12V to 24V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Step Down 12V to 5V

3.2.8 Router

อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณอินเตอร์เน็ตผ่าน Wi-Fi เพื่อให้ NodeMCU และ Application Blynk เชื่อมต่อกันได้ ดังรูปที่ 3.11

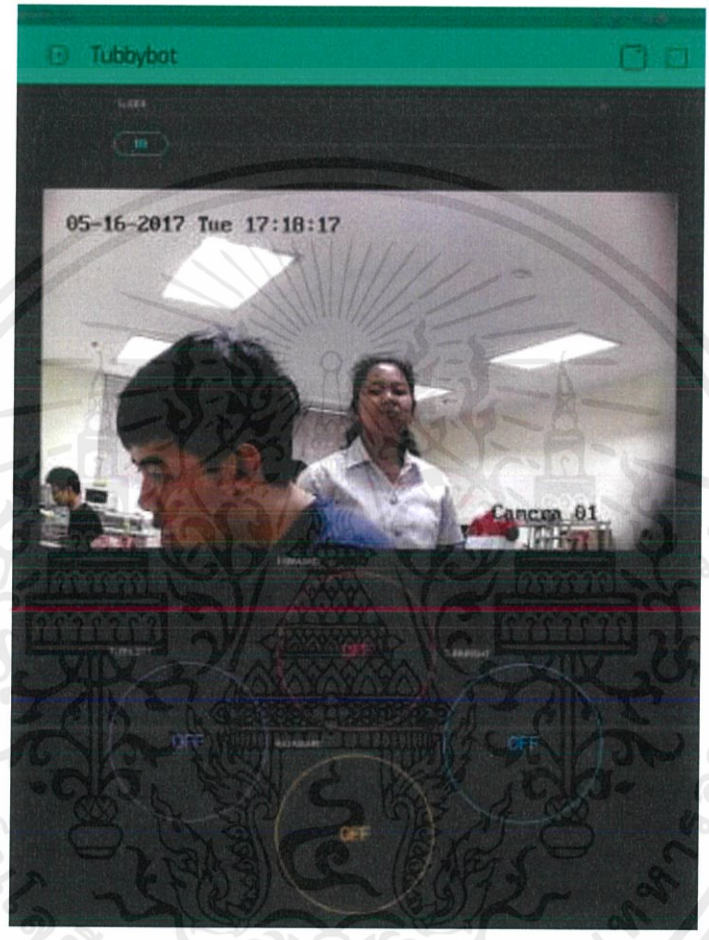
รูปที่ 3.11 Router AC1200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โปรแกรมและการควบคุม

3.3.1 Application Blynk

ในการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลนั้น จะใช้ Blynk ในการควบคุม แล้วส่งข้อมูลไปยัง NodeMCU ที่มีการโปรแกรมให้ส่งสัญญาณไปยัง AC Servo Drive เพื่อสั่งงานให้ AC Servo Motor ทำงาน



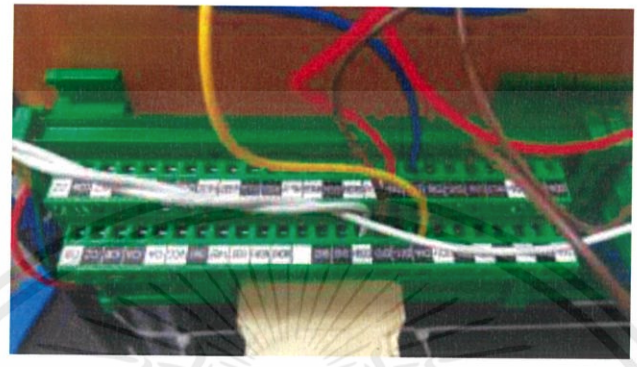
รูปที่ 3.12 หน้าต่างผู้ใช้งานบน Application Blynk

จากรูปที่ 3.12 จะมีการนำภาพจาก IP Camera มาไว้ในส่วนบนเพื่อใช้ในการมองภาพเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นข้างหน้าของหุ่นยนต์ และจะสั่งการโดยปุ่มทั้ง 4 ปุ่มในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 AC Servo Drive

ส่วนขับเคลื่อนหลักของหุ่นยนต์จะสั่งงานผ่าน External I/O Module ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งทำให้ AC Servo Drive ดังรูปที่ 3.14 ทำงานตามคำสั่งได้ โดยคำสั่งที่รับมานั้น จะมาจาก Ultrasonic Sensor และ NodeMCU ESP8266



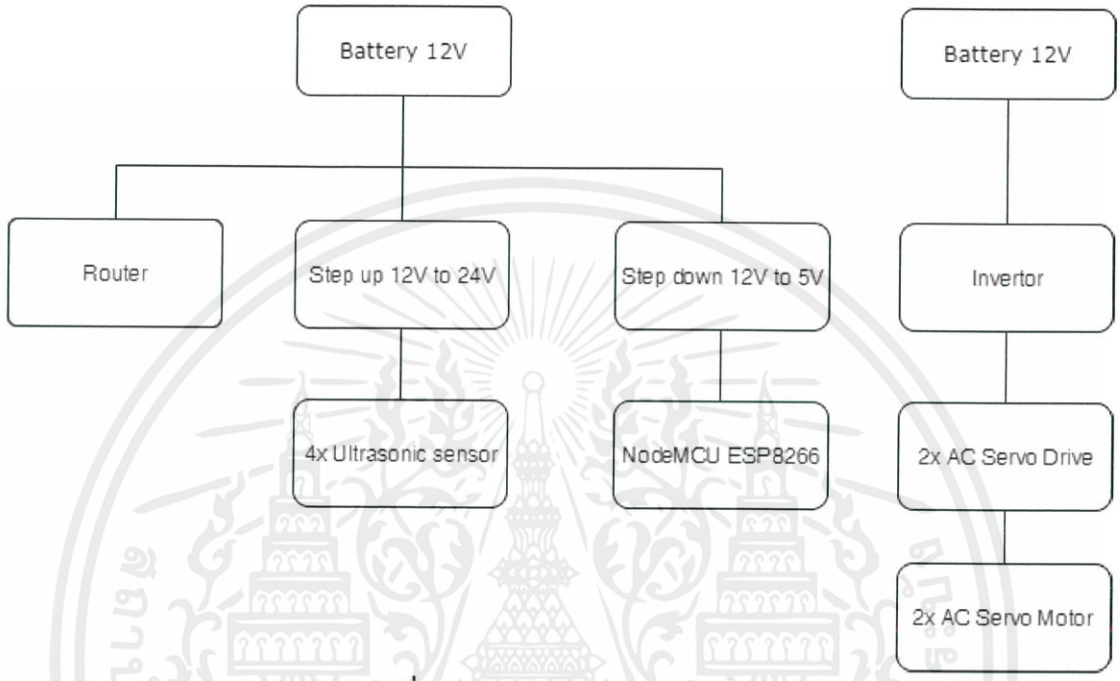
รูปที่ 3.13 External I/O Module

รูปที่ 3.14 AC Servo Drive

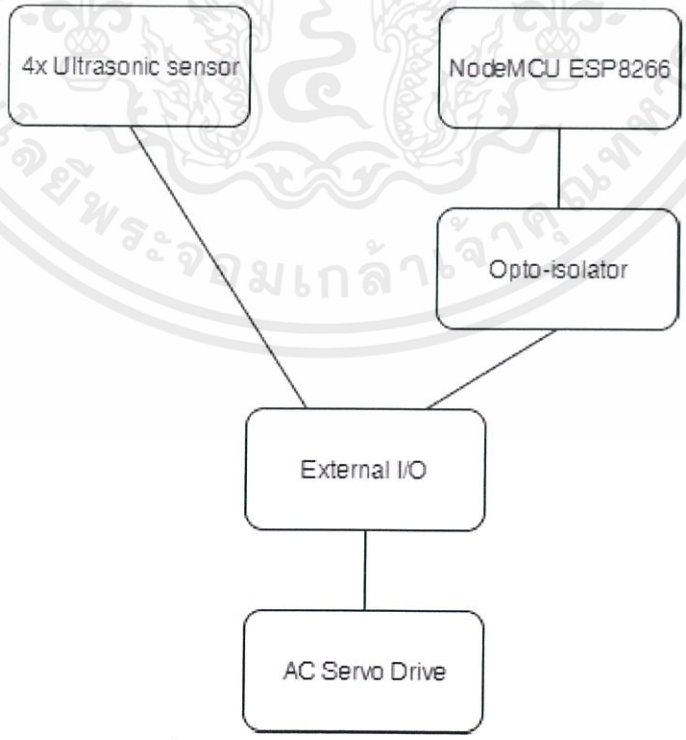
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แผนผังการเชื่อมต่อ

ในการทำหุ่นยนต์นั้นนอกจากจะต้องออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์และรู้จักการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ แล้ว ยังต้องออกแบบแผนผังการเชื่อมต่อแต่ละอุปกรณ์ และแผนผังวงจรไฟฟ้า เพื่อให้สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดหรือจุดบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 แผนผังแสดงวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.16 แผนผังแสดงวงจรสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

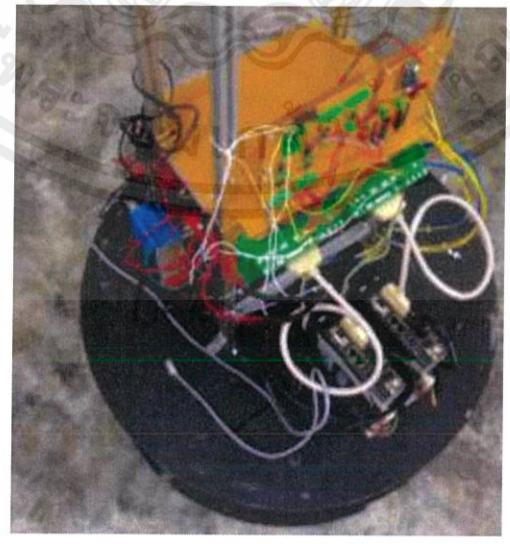
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 โครงสร้างหุ่นยนต์

จากการออกแบบให้โครงสร้างหุ่นยนต์มีฐานทั้งหมด 3 ชั้น เพื่อรองรับอุปกรณ์ และมีเสาอยู่ตรงกลางเพื่อติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ฐานของหุ่นยนต์ทั้ง 3 ชั้น และการติดตั้ง Ultrasonic Sensor

การติดตั้ง AC Servo Motor จะติดตั้งให้อยู่ ณ ตำแหน่งเส้นผ่าศูนย์กลาง เพื่อการหมุนตัว และการเลี้ยงที่คล่องแคล่ว และการติดตั้ง Ultrasonic Sensor จะทำการติดตั้งไว้บนชั้น 1 ของฐาน ดังรูปที่ 4.2



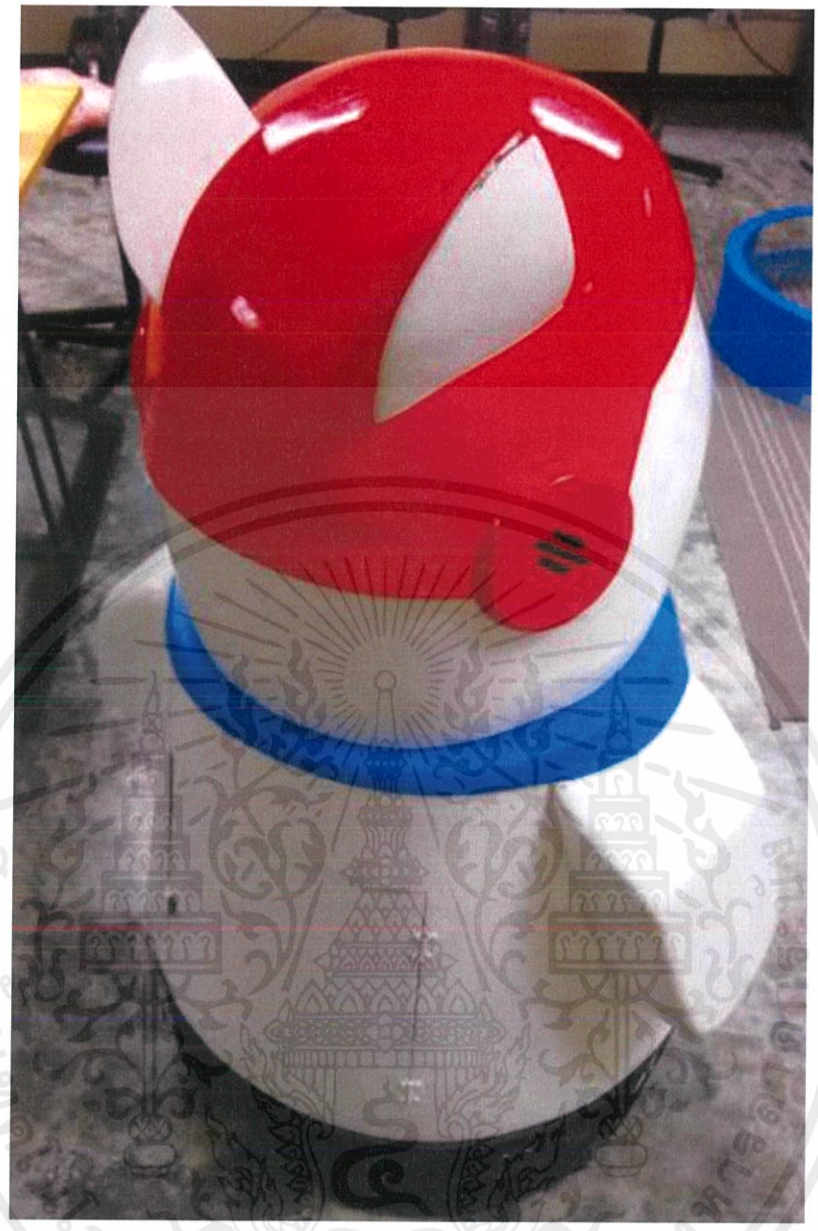
รูปที่ 4.2 เสาอะลูมิเนียมและการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ภายในเสร็จ เมื่อนำไปใช้จริง จึงต้องมีรูปลักษณ์ภายนอกที่ปกปิดระบบภายในทั้งหมด และต้องสามารถแก้ไขหรือเปิด-ปิดระบบได้ง่าย

รูปที่ 4.3 ด้านหน้าของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



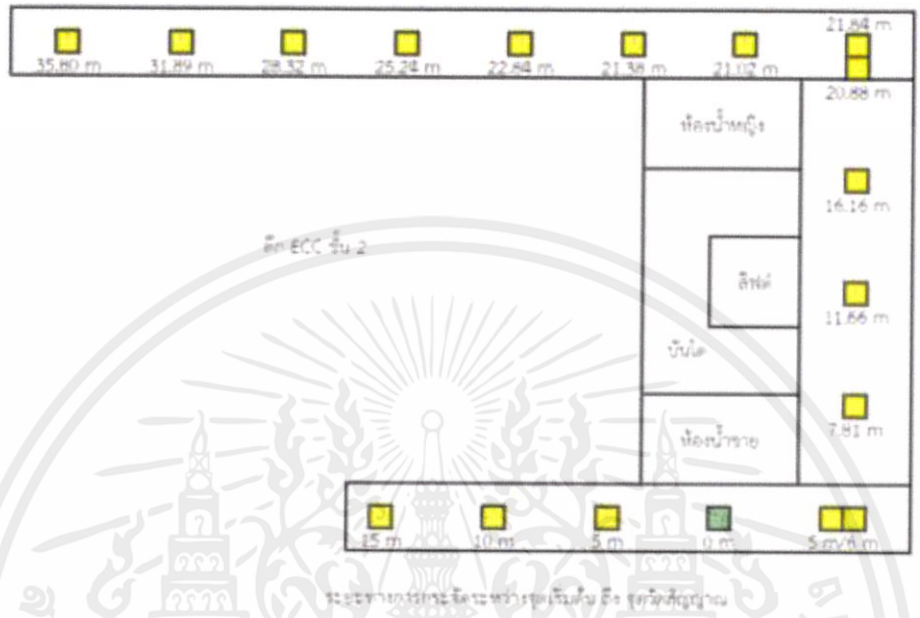
รูปที่ 4.4 ด้านหลังหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัย

จากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างภายนอกจำเป็นต้องปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน หรือบุคคลภายนอก ซึ่งต้องออกแบบให้มีความโค้งมน และเก็บส่วนของโครงสร้างภายในทั้งหมดให้มิดชิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การควบคุมระยะไกล

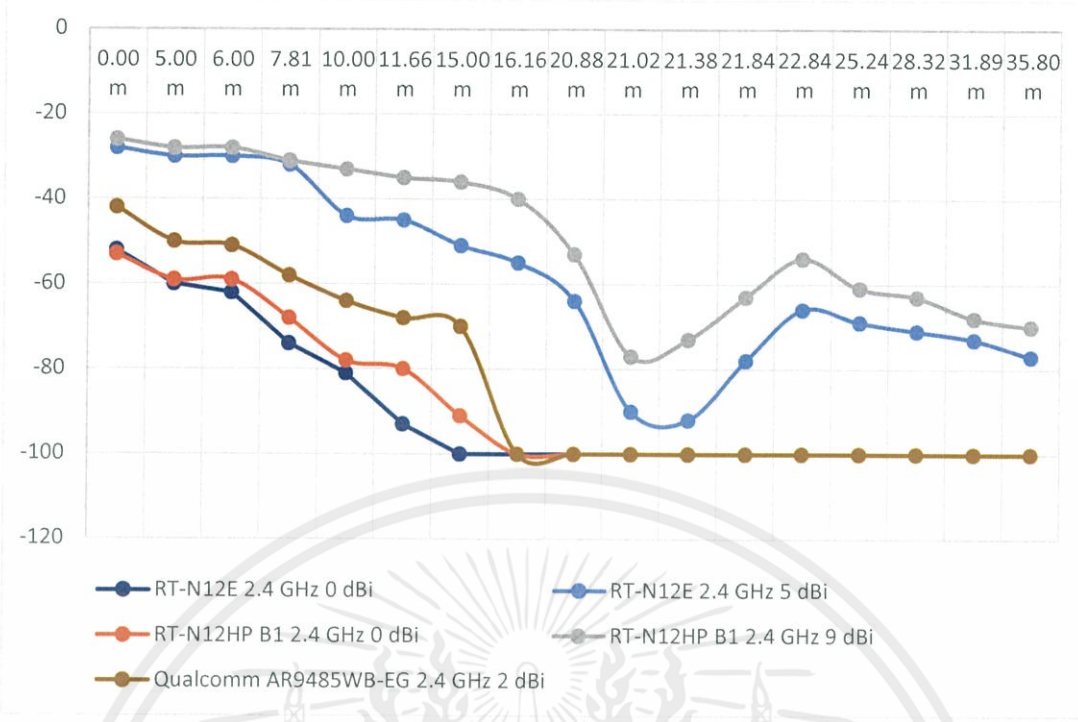
การควบคุมระยะไกลนั้น จากการใช้สัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย ทำให้ต้องตรวจสอบว่าความใกล้ไกลของระยะทางจากหุ่นยนต์กับ Router นั้นมีผลมากน้อยเพียงใด โดยสถานที่ทดสอบ คือ อาคารปฏิบัติการรวมวิศวกรรมศาสตร์ ECC ชั้น 2 ดังรูปที่ 4.5



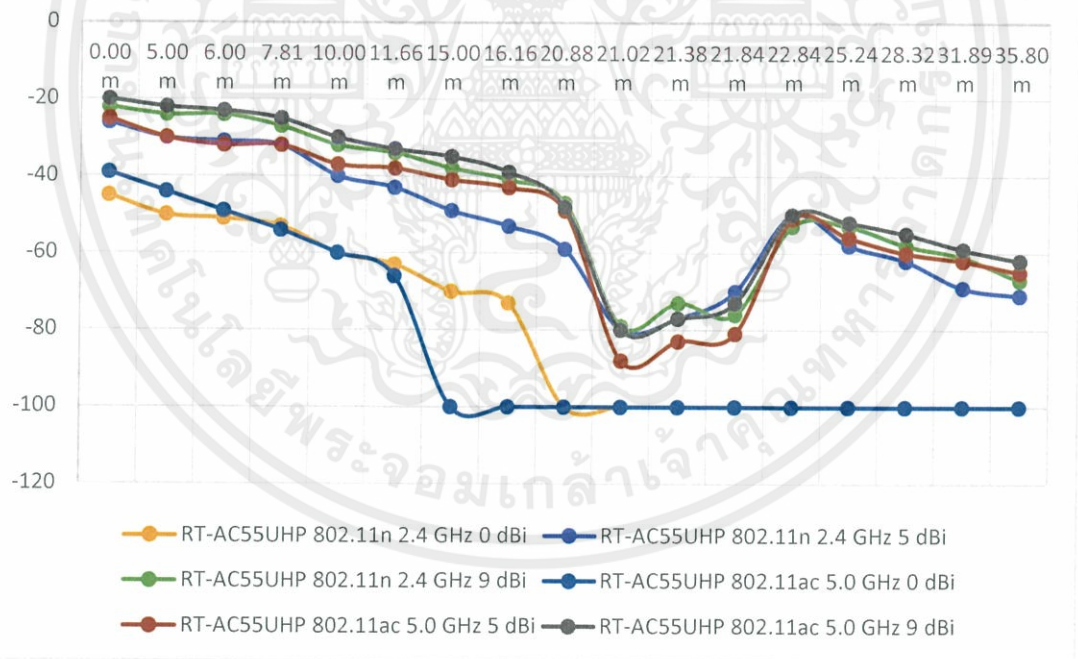
รูปที่ 4.5 ระยะจุดที่วัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi

จากการนำหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามยังจุดต่าง ๆ และทำการเก็บค่าความเข้มของสัญญาณ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ โดยแต่ละกราฟจะเป็นการทดลองที่แตกต่างกัน เพื่อจำลองสถานการณ์ที่จะเป็นไปได้ทั้งหมดของการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล ดังกราฟที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

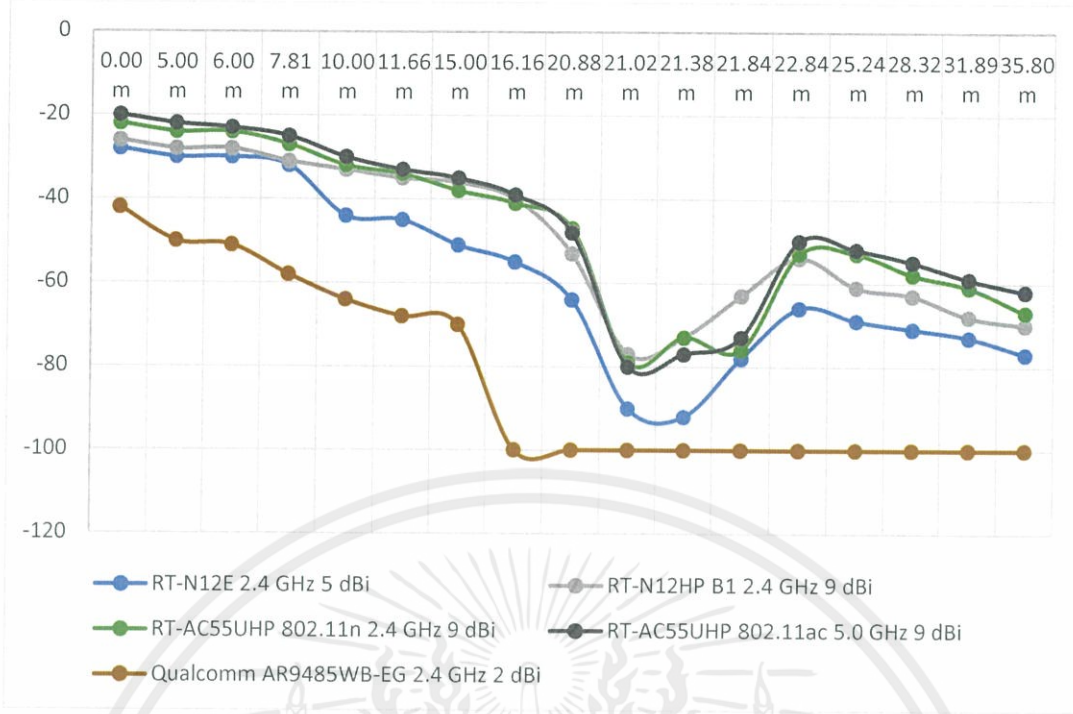


กราฟที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างความเข้มสัญญาณ (dBm) กับระยะทาง (m) ของ RT-N12E, RT-N12HP B1 และ AR9485WB-EG



กราฟที่ 4.2 เปรียบเทียบระหว่างความเข้มสัญญาณ (dBm) กับระยะทาง (m) ของ RT-AC55UHP ที่มีมาตรฐานสัญญาณ และเสาสัญญาณที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.3 เปรียบเทียบระหว่างความเข้มสัญญาณ (dBm) กับระยะทาง (m) ของ RT-N12E, RT-N12HP B1, RT-AC55UHP และ AR9485WB-EG

จากการฟที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 นั้นสามารถวิเคราะห์ได้ว่า สัญญาณไร้สายนั้นไม่สามารถทะลุทลวงชั้นกำแพงหนา หรือมีแผ่นเหล็กกีดขวางอยู่ จึงเห็นกราฟเป็นค่า -100 dBm อยู่บางช่วงของกราฟ

4.3 การตรวจจับใบหน้า

การตรวจจับใบหน้านั้นจะใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลภาพ ซึ่งในการตรวจจับใบหน้านั้นจำเป็นจะต้องมีข้อมูลใบหน้าของบุคคล บุคคลหนึ่ง เพื่อการเจาะจงข้อมูลตัวบุคคล หากใบหน้าที่ตรวจจับได้นั้นไม่ตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ จะมีการเก็บภาพไว้และส่งรูปภาพนั้นไปยังอีเมล์ปลายทางเพื่อทำการแจ้งเตือนต่อผู้ใช้งานว่ามีบุคคลต้องสงสัยเข้ามายังบริเวณใกล้เคียง หรือสถานที่ที่หุ่นยนต์ปฏิบัติการอยู่

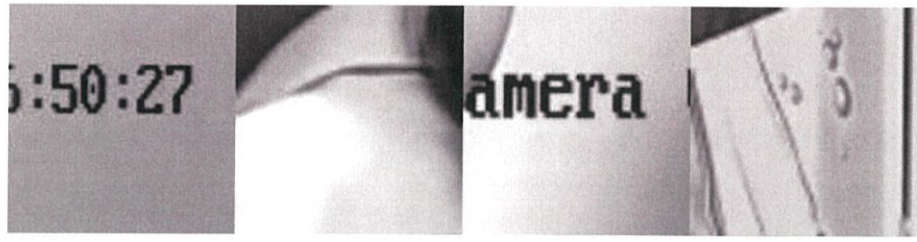
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 รูปภาพตัวอย่างของบุคคลที่ 1 ที่ต้องการให้โปรแกรมรู้จัก

รูปที่ 4.7 รูปภาพการตรวจจับใบหน้า เมื่อบุคคลที่ 1 อยู่ใกล้ IP Camera

รูปที่ 4.8 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 1 แต่เป็นการระบุบุคคลที่ผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 1 แต่เป็นภาพที่ไม่ใช่หน้าบุคคล

รูปที่ 4.10 รูปภาพตัวอย่างของบุคคลที่ 2 ที่ต้องการให้โปรแกรมรู้จัก

รูปที่ 4.11 รูปภาพการตรวจจับใบหน้า เมื่อบุคคลที่ 2 อยู่ใกล้ IP Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

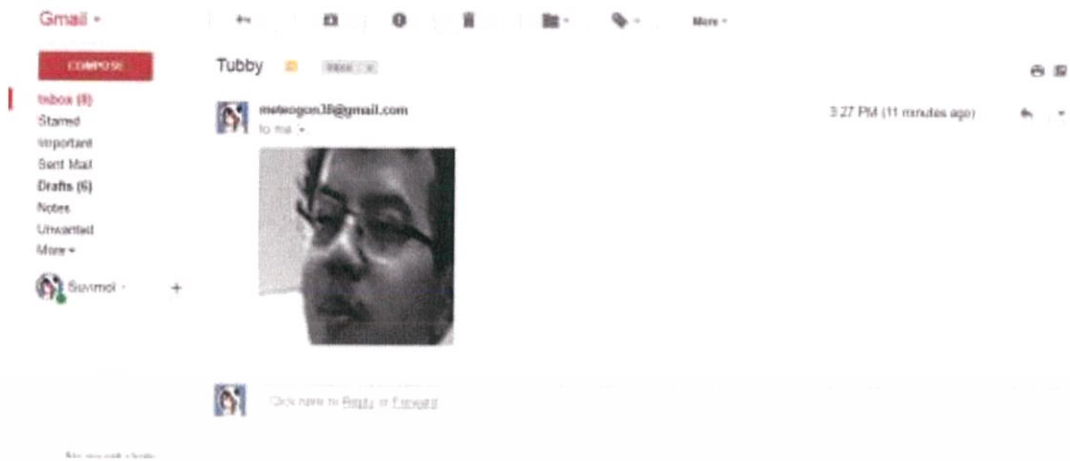
รูปที่ 4.12 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 2 แต่เป็นการระบุบุคคลที่ผิดพลาด

รูปที่ 4.13 รูปภาพการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่ 2 แต่เป็นภาพที่ไม่ใช่หน้าบุคคล

รูปที่ 4.14 รูปภาพการตรวจจับใบหน้า เมื่อบุคคลที่ไม่รู้จักอยู่ใกล้ IP Camera

จากรูปที่ 4.14 เมื่อโปรแกรมตรวจพบใบหน้าที่ไม่ตรงกับฐานข้อมูลและไม่รู้จัก โปรแกรมจะทำการเก็บรูปใบหน้าและส่งอีเมล์แจ้งเตือนไปยังอีเมล์ที่ระบุไว้ ดังรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 การแจ้งเตือนพร้อมรูปภาพใบหน้าบุคคลต้องสงสัย บุคคลที่ 1

รูปที่ 4.16 การแจ้งเตือนพร้อมรูปภาพใบหน้าบุคคลต้องสงสัย บุคคลที่ 2

จากการทดลองสามารถนำมาสรุปดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองการตรวจจับภาพและการแจ้งเตือน

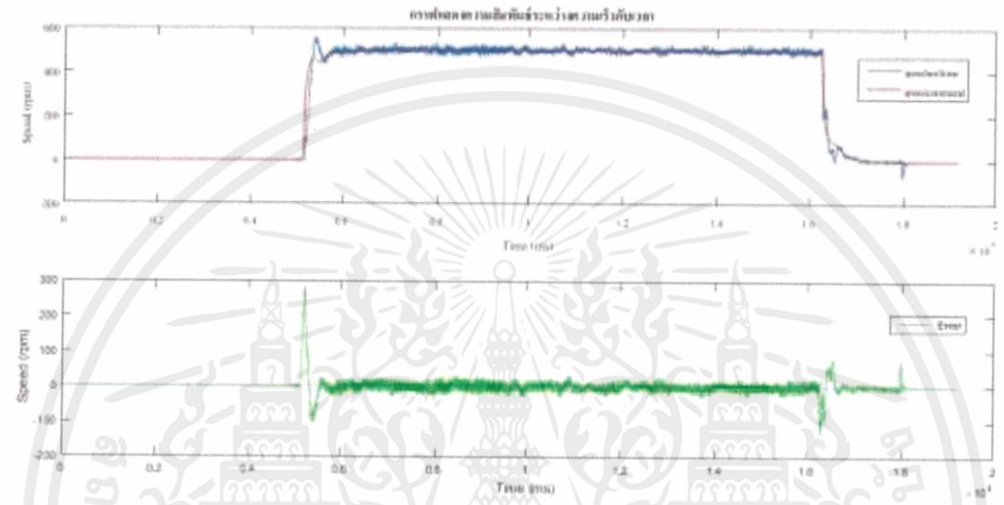
	การตรวจจับใบหน้า			การแจ้งเตือน
	ระบุบุคคลถูกต้อง	ระบุบุคคลไม่ถูกต้อง	ไม่ใช่ภาพใบหน้า	
บุคคลที่ 1	85%	10%	5%	10%
บุคคลที่ 2	85%	10%	5%	10%
บุคคลอื่น	90%	5%	5%	100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

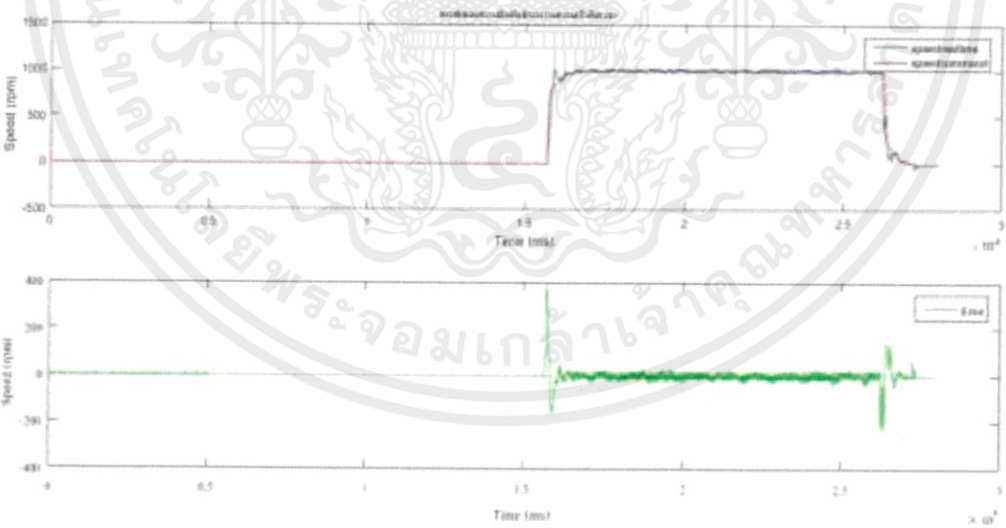
4.4 ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนของ AC Servo Motor

การบังคับ AC Servo Motor ให้ทำงานพร้อมกันนั้นจำเป็นต้องปรับค่าต่าง ๆ แม้ความเร็ว, น้ำหนักหรือสภาพพื้นผิวของพื้นจะเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ต้องมีการศึกษาประสิทธิภาพของ AC Servo Motor และ AC Servo Drive

4.4.1 ผลการทดลองแบบนำหุ่นยนต์วางไว้บนกระดาษลัง ล้อไม่สัมผัสพื้น



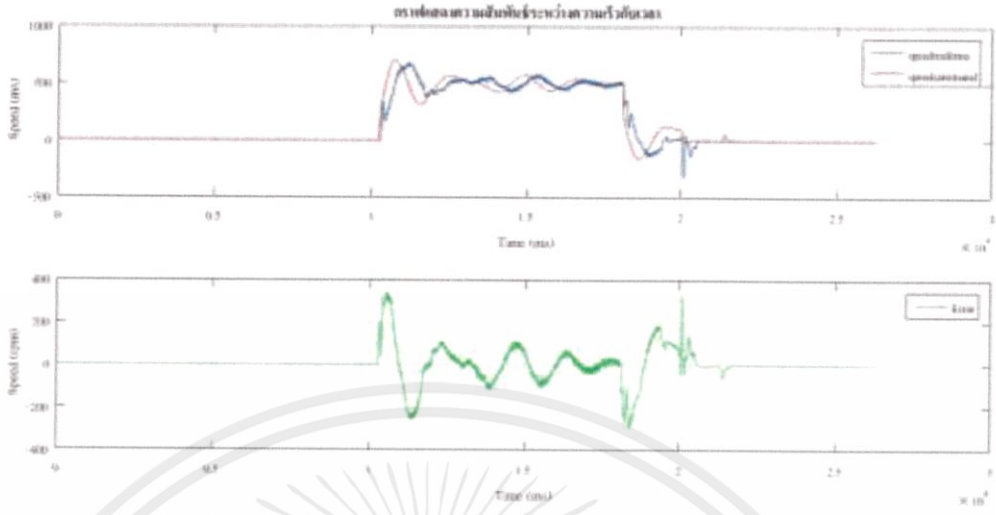
กราฟที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 50 RPM



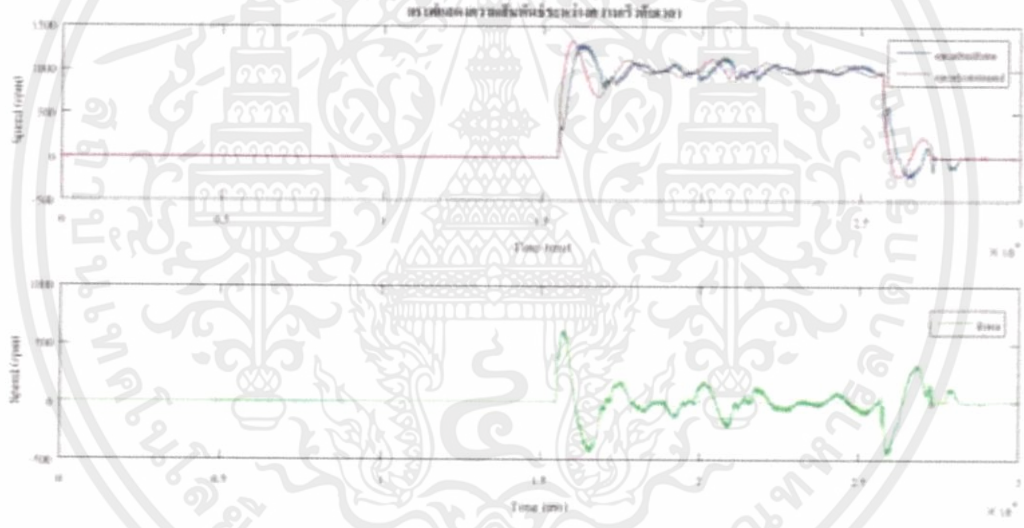
กราฟที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 100 RPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการทดลองแบบนำหุ่นยนต์มาเดินบนพื้นที่ราบที่ไม่มีวัตถุกีดขวาง



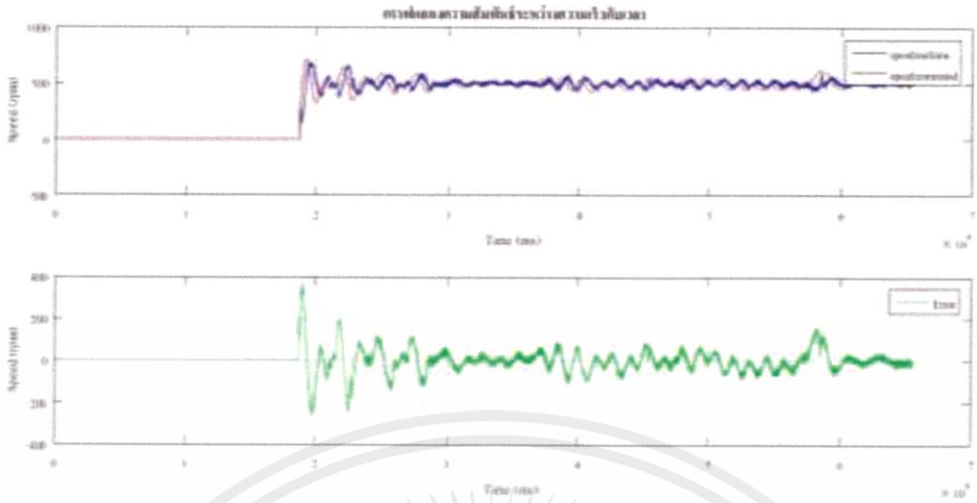
กราฟที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 50 RPM



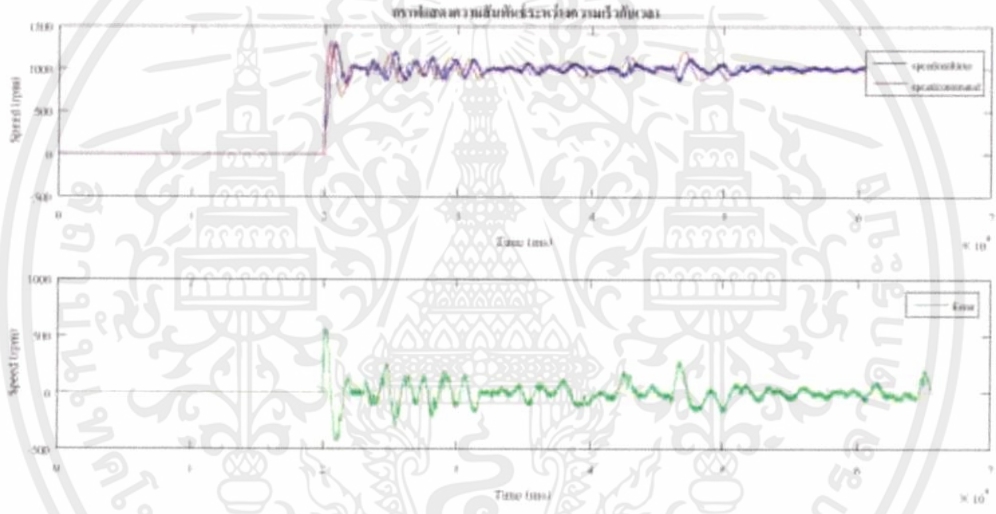
กราฟที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 100 RPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ผลการทดลองแบบนำหุ่นยนต์มาเดินบนพื้น ที่ไม่เท่ากันหรือพื้นขรุขระ



กราฟที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 50 RPM



กราฟที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ที่ความเร็วรอบ 100 RPM

จากกราฟทั้งหมดจะกล่าวได้ว่ากราฟจากการทดลองแบบนำหุ่นวางไว้บนกระดาษลังนั้นเมื่อไม่มีแรงจากน้ำหนักของหุ่นยนต์มากระทำจะมีค่า Error น้อย เมื่อเทียบกับกราฟอีกสองแบบและจะเห็นได้ว่า Speed Command หรือค่าความเร็วที่ป้อนเข้าไปนั้นมีค่าใกล้เคียงกับ Speed Real-Time หรือค่าความเร็วที่ทดลองได้ แต่เมื่อนำมาเดินบนพื้นทั้งพื้นราบและพื้นขรุขระนั้น จะมีน้ำหนักของหุ่นยนต์ทำให้กราฟของการทดลองบนพื้นราบและพื้นขรุขระนั้นมีค่า Error มากขึ้น ลักษณะกราฟจะมีการแกว่งมากขึ้น เมื่อนำมาคำนวณ จะได้ค่า Accuracy ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Accuracy ที่ความเร็วต่าง ๆ

พื้นผิว/ ความเร็ว (RPM)	Accuracy (%)		
	พื้นลอย	พื้นราบ	พื้นขรุขระ
50	93.33	27.63	93.18
100	96.00	41.02	93.39
150	91.92	25.88	94.00
200	90.86	25.60	95.27
250	89.50	9.23	95.34
300	93.11	23.39	95.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงงานหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยนั้น เกิดขึ้นจากการนำอุปกรณ์หลากหลายรูปแบบมาผสมผสานกัน และทำงานร่วมกันจนก่อให้เกิดระบบที่ทำช่วยเพิ่มความปลอดภัย โดยประการแรกตัวหุ่นยนต์นั้นได้ออกแบบมาเพื่อให้มีความทนทานต่อการแบกรับน้ำหนักที่มาก และมีโครงสร้างภายนอกที่ปลอดภัยต่อบุคคลภายนอก และเป็นมิตรกับมนุษย์ ประการที่สองจากการศึกษาการควบคุมระยะไกลผ่านสัญญาณไร้สายและใช้อินเตอร์เน็ตนั้น หากทำการปรับปรุงการเชื่อมต่อแบบ Router เพียงตัวเดียว สามารถเชื่อมต่อได้มากขึ้นจะทำให้หุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ระยะทางที่ไกลขึ้น ประการที่สามการตรวจจับใบหน้านั้นยังมีการตรวจจับที่ผิดพลาดประมาณ 10% ของภาพที่ตรวจจับได้ ประการที่สามประสิทธิภาพการขับเคลื่อนโดย AC Servo Drive และ AC Servo Motor นั้น จำเป็นต้องปรับปรุงค่าภายในมากขึ้น เมื่อใช้งานที่หลากหลายสภาพพื้นผิวที่เป็นอุปสรรคต่อการขับเคลื่อนโดยตรง และประการสุดท้ายการตรวจจับใบหน้า พบว่ามีการตรวจจับผิดพลาด 13% ซึ่งจะทำให้การแจ้งเตือนเกิดความผิดพลาด หรือเกิดการแจ้งเตือนที่มากขึ้น อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดมากขึ้นได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการออกแบบนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงการแก้ไขในอนาคตและการปรับปรุงอยู่บ่อยครั้งทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไปจากการออกแบบเดิม ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการขับเคลื่อนโดยรวม และการแก้ไขโดยโปรแกรมนั้นจะไม่สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดของการขับเคลื่อนได้ทั้งหมด ประกอบกับการเชื่อมต่อสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สายเกิดความผิดพลาดจะไม่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ และเป็นอุปสรรคต่อการนำหุ่นยนต์กลับมาแก้ไขข้อผิดพลาด สุดท้ายการตรวจจับใบหน้ายังคงต้องมีรูปภาพใบหน้าที่หลากหลายทิศทาง เพื่อให้โปรแกรมสามารถประมวลผลใบหน้าที่ไม่อยู่ในรูปภาพอ้างอิงได้ และใบหน้านั้นจะต้องไม่ใส่แว่นตาดำ ไม่ใส่หมวก รวมไปถึงแสงไฟที่ส่งผลโดยตรงต่อการรับภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงที่จะสามารถใช้ได้จริงนั้นยังต้องพัฒนาหุ่นยนต์และส่วนประกอบอื่น ๆ อีกมาก โดยช่วงเวลาและความรู้ที่ศึกษานั้นยังไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้จริง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาตามมาอีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ระบบวิเคราะห์ใบหน้า. Available from :

http://www.mnssmartpro.com/Blog/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B0%E0%B9%8C%E0%B9%83%E0%B8%9A%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2-blog.aspx

[2] เซอร์โวมอเตอร์. Available from :

http://chanaphinp.blogspot.com/

[3] อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง. Available from :

https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_electronics/wiki/ecd2d/

[4] ESP8266 NodeMCU. Available from :

https://embeddedsystem2558.wordpress.com/esp8266nodemcu-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87-e/

[5] Product Manual and Software from Delta. Available from :

http://www.deltaww.com/

[6] Arduino Software. Available from :

https://www.arduino.cc/

[7] SolidWorks Software. Available from :

http://www.solidworks.com/

[8] Autodesk Fusion 360. Available from :

https://www.autodesk.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
PROGRAMMING

Code การทำงานของ NodeMCU ESP8266

```
/* Comment this out to disable prints and save space */
#define BLYNK_PRINT Serial


#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "74574a4977d84a2e848fc65f05d8ef48";

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "Sudo_0";
char pass[] = "control3211234";

void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");   //แสดงข้อความเชื่อมต่อสำเร็จ
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP()); //แสดงหมายเลข IP ของ ESP8266
```

Ln 32, Col 15

```
// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "74574a4977d84a2e848fc65f05d8ef48";

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "Sudo_0";
char pass[] = "control3211234";

void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");   //แสดงข้อความเชื่อมต่อสำเร็จ
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP()); //แสดงหมายเลข IP ของ ESP8266

  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

void loop()
{
  Blynk.run();
}
```

Ln 32, Col 15

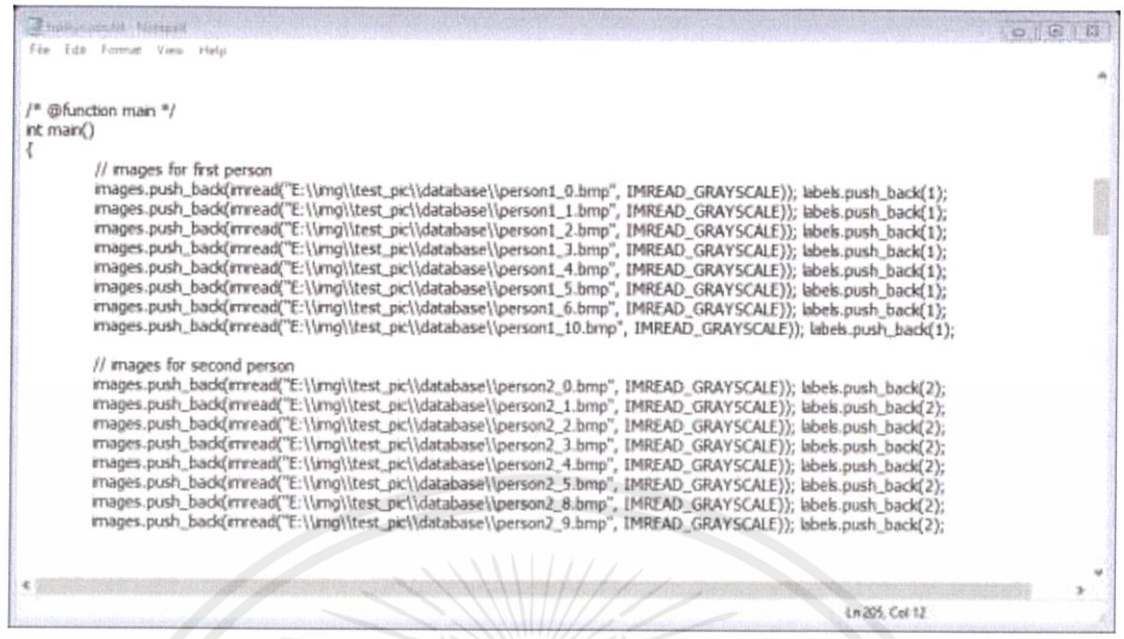
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code การทำงานของการตรวจจับใบหน้า

```
File  Edit  Format  View  Help
#include "opencv2/objdetect.hpp"
#include "opencv2/highgui.hpp"
#include "opencv2/imgproc.hpp"
#include "opencv2/core.hpp"
#include "opencv2/face.hpp"
#include <iostream>
#include <stdio.h>
#include <ctime>
#include <fstream>
#include <sstream>
#include <windows.h>
#include "stdafx.h"
#include "easendmailobj.tlh"
using namespace EASendMailObjLib;
using namespace std;
using namespace cv;


/* Global variables */
String face_cascade_name = "C:\\opencv3\\install\\etc\\haarcascades\\haarcascade_frontalface_alt.xml";
//string fn_facedatabase = string("E:\\img\\test_pic\\database\\facedatabase02.ext");
CascadeClassifier face_cascade;
String savedir = "E:\\img\\test_pic\\data\\";

String window_name1 = "Realtime webcam";

                                                                    Ln 205, Col 12
```

```
File  Edit  Format  View  Help
String window_name2 = "fream gray";
String window_name3 = "equalizeHist";
String window_name4 = "face capture";
Mat frame;
Mat facedetect;
Mat frame_gray;

vector<Rect> faces;
vector<Mat> images;
vector<int> labels;

char starttime[20];
char starttime2[20];
int ST;
int CT;
char currenttime[20];
char currenttime2[20];


/* @function main */
int main()
{
        // images for first person
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_0.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_1.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_2.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);

                                                                    Ln 205, Col 12
```

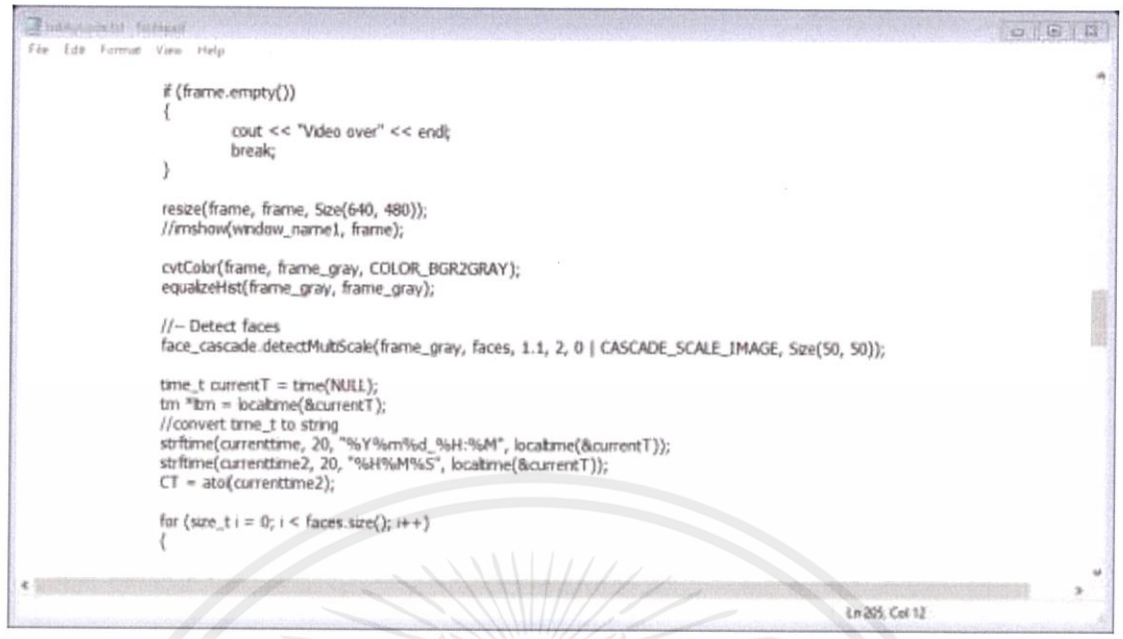
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



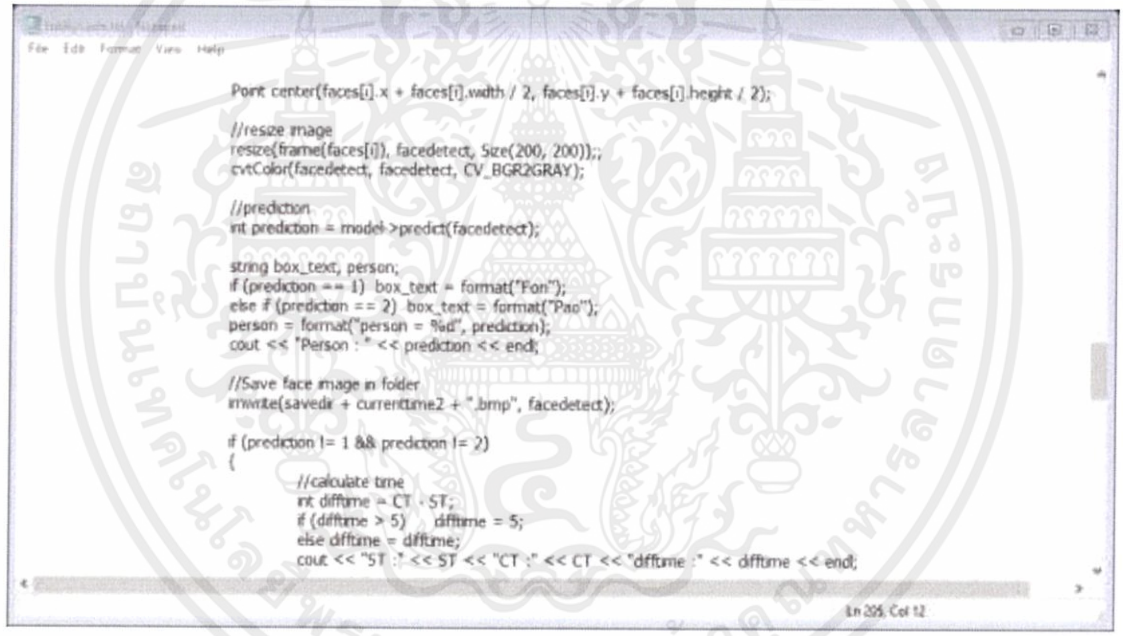
```
File Edit Format View Help

/* @function main */
int main()
{
        // images for first person
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_0.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_1.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_2.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_3.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_4.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_5.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_6.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person1_10.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(1);

        // images for second person
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_0.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_1.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_2.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_3.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_4.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_5.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_8.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);
        images.push_back(imread("E:\\img\\test_pic\\database\\person2_9.bmp", IMREAD_GRAYSCALE)); labels.push_back(2);

Ln 205, Col 12
```

```
File Edit Format View Help

        Ptr<face::FaceRecognizer> model = face::createEigenFaceRecognizer();
        model->train(images, labels);

        if (!face_cascade.load(face_cascade_name)){ printf("--(!)Error loading face cascade\n"); return -1; };

        // current date/time based on current system
        time_t startT = time(NULL);
        tm *ltm = localtime(&startT);
        //convert time_t to string
        strftime(starttime, 20, "%Y%m%d_%H:%M", localtime(&startT));
        strftime(starttime2, 20, "%H%M%S", localtime(&startT));
        ST = ato(starttime2);

        while (char(waitKey(1)) != 'q')
        {
                //Steam video
                VideoCapture cam;
                //cam.open(0);
                cam.open("rtsp://admin:admin1234@192.168.1.210/Streaming/Channels/101");

                //Read the video stream
                if (!cam.isOpened()){ cout << "Camera couldn't open" << endl;          return -1; }

                cam >> frame;

Ln 205, Col 12
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

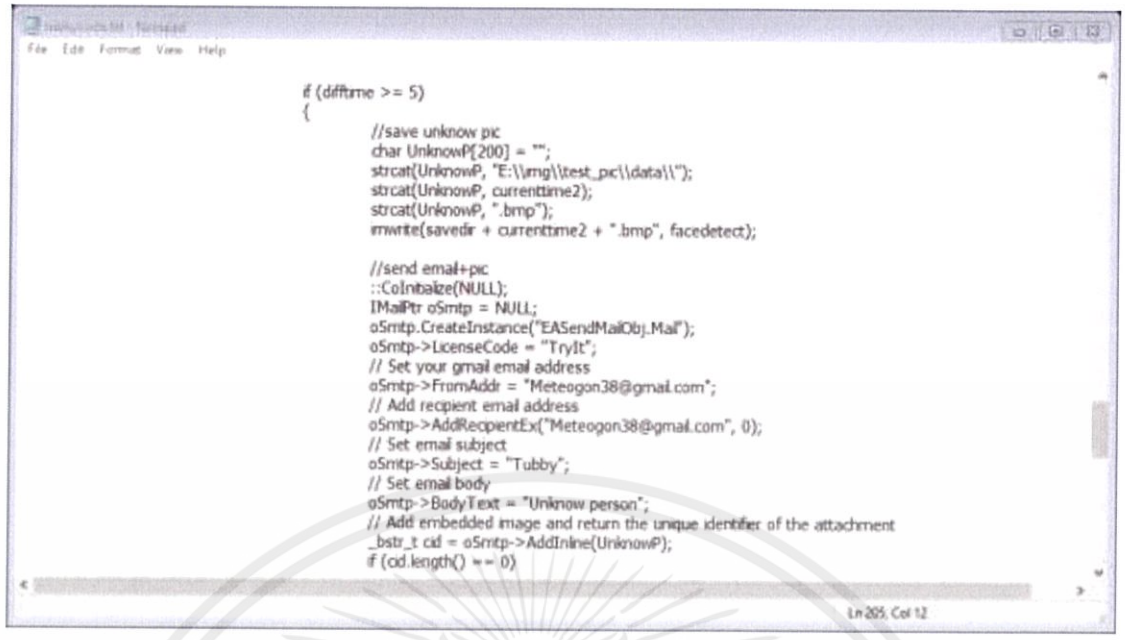


```
File  Edit  Format  View  Help

        if (frame.empty())
        {
                cout << "Video over" << endl;
                break;
        }

        resize(frame, frame, Size(640, 480));
        //imshow(window_name1, frame);

        cvtColor(frame, frame_gray, COLOR_BGR2GRAY);
        equalizeHist(frame_gray, frame_gray);

        //-- Detect faces
        face_cascade.detectMultiScale(frame_gray, faces, 1.1, 2, 0 | CASCADE_SCALE_IMAGE, Size(50, 50));

        time_t currentT = time(NULL);
        tm *ltm = localtime(&currentT);
        //convert time_t to string
        strftime(currenttime, 20, "%Y%m%d_%H:%M", localtime(&currentT));
        strftime(currenttime2, 20, "%H%M%S", localtime(&currentT));
        CT = ato(currenttime2);

        for (size_t i = 0; i < faces.size(); i++)
        {
```



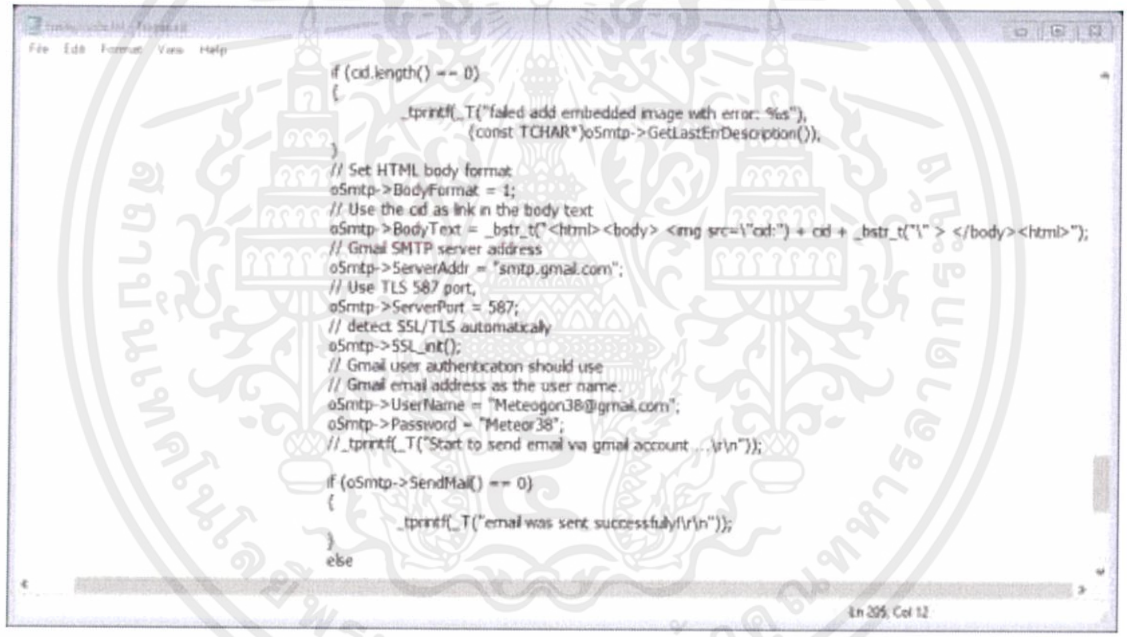
```
File  Edit  Format  View  Help

                Point center(faces[i].x + faces[i].width / 2, faces[i].y + faces[i].height / 2);

                //resize image
                resize(frame(faces[i]), facedetect, Size(200, 200));;
                cvtColor(facedetect, facedetect, CV_BGR2GRAY);

                //prediction
                int prediction = model->predict(facedetect);

                string box_text, person;
                if (prediction == 1)  box_text = format("Fon");
                else if (prediction == 2)  box_text = format("Pao");
                person = format("person = %d", prediction);
                cout << "Person : " << prediction << endl;

                //Save face image in folder
                imwrite(savedir + currenttime2 + ".bmp", facedetect);

                if (prediction != 1 && prediction != 2)
                {
                        //calculate time
                        int difftime = CT - ST;
                        if (difftime > 5)     difftime = 5;
                        else difftime = difftime;
                        cout << "ST :" << ST << "CT :" << CT << "difftime :" << difftime << endl;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
File  Edit  Format  View  Help

if (diffttime >= 5)
{
        //save unknow pic
        char UnknowP[200] = "";
        strcat(UnknowP, "E:\\img\\test_pic\\data\\");
        strcat(UnknowP, currenttime2);
        strcat(UnknowP, ".bmp");
        imwrite(savedir + currenttime2 + ".bmp", facedetect);

        //send email+pic
        ::CoInitialize(NULL);
        IMailPtr oSmtp = NULL;
        oSmtp.CreateInstance("EASendMailObj.Mail");
        oSmtp->LicenseCode = "TryIt";
        // Set your gmail email address
        oSmtp->FromAddr = "Meteogon38@gmail.com";
        // Add recipient email address
        oSmtp->AddRecipientEx("Meteogon38@gmail.com", 0);
        // Set email subject
        oSmtp->Subject = "Tubby";
        // Set email body
        oSmtp->BodyText = "Unknow person";
        // Add embedded image and return the unique identifier of the attachment
        _bstr_t cid = oSmtp->AddInline(UnknowP);
        if (cid.length() == 0)
```

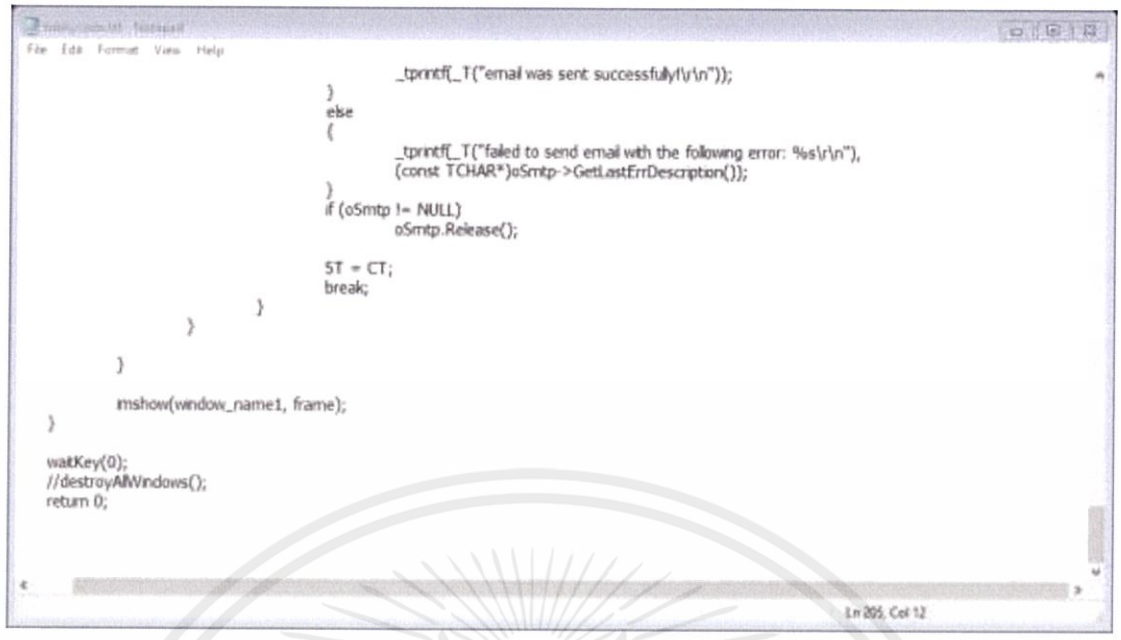
Ln 205, Col 12



```
File  Edit  Format  View  Help

        if (cid.length() == 0)
        {
                _tprintf(_T("failed add embedded image with error: %s"),
                        (const TCHAR*)oSmtp->GetLastErrDescription());
        }
        // Set HTML body format
        oSmtp->BodyFormat = 1;
        // Use the cid as link in the body text
        oSmtp->BodyText = _bstr_t("<html><body> <img src=\"cid:") + cid + _bstr_t("\" > </body><html>");
        // Gmail SMTP server address
        oSmtp->ServerAddr = "smtp.gmail.com";
        // Use TLS 587 port,
        oSmtp->ServerPort = 587;
        // detect SSL/TLS automatically
        oSmtp->SSL_init();
        // Gmail user authentication should use
        // Gmail email address as the user name.
        oSmtp->UserName = "Meteogon38@gmail.com";
        oSmtp->Password = "Meteor38";
        //_tprintf(_T("Start to send email via gmail account ...\r\n"));

        if (oSmtp->SendMail() == 0)
        {
                _tprintf(_T("email was sent successfully!\r\n"));
        }
        else
```

Ln 205, Col 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



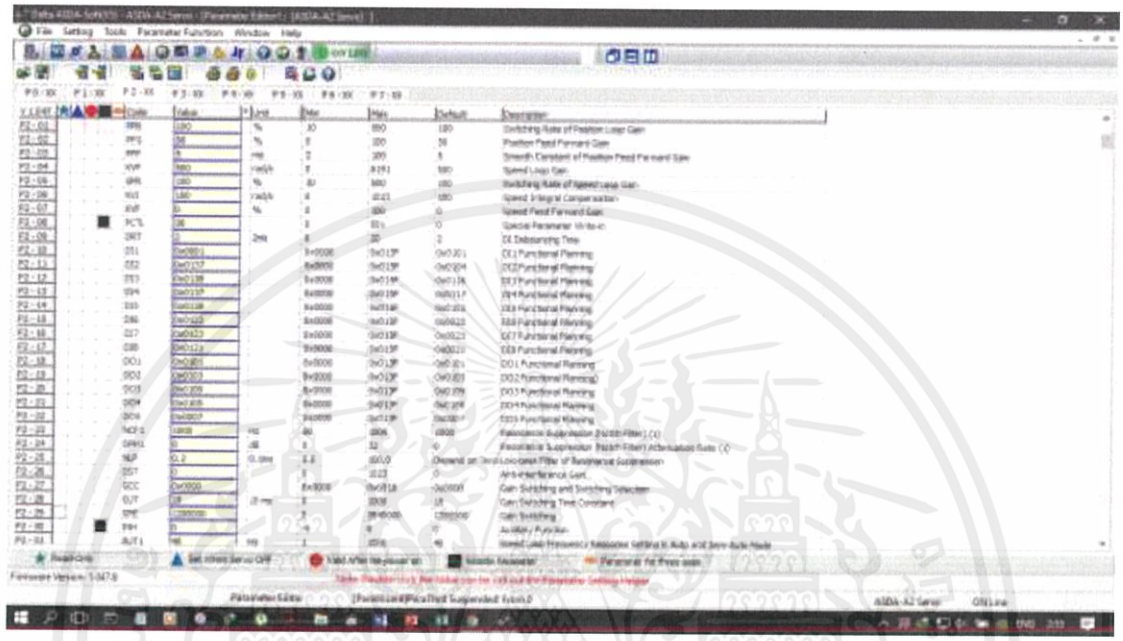
```
File  Edit  Format  View  Help
                                        _tprintf(_T("email was sent successfully!\r\n"));
                                }
                                else
                                {
                                        _tprintf(_T("failed to send email with the following error: %s\r\n"),
                                        (const TCHAR*)oSmtp->GetLastErrDescription());
                                }
                                if (oSmtp != NULL)
                                        oSmtp.Release();

                                ST = CT;
                                break;
                        }
                }

        }

        imshow(window_name1, frame);
}

waitKey(0);
//destroyAllWindows();
return 0;
```

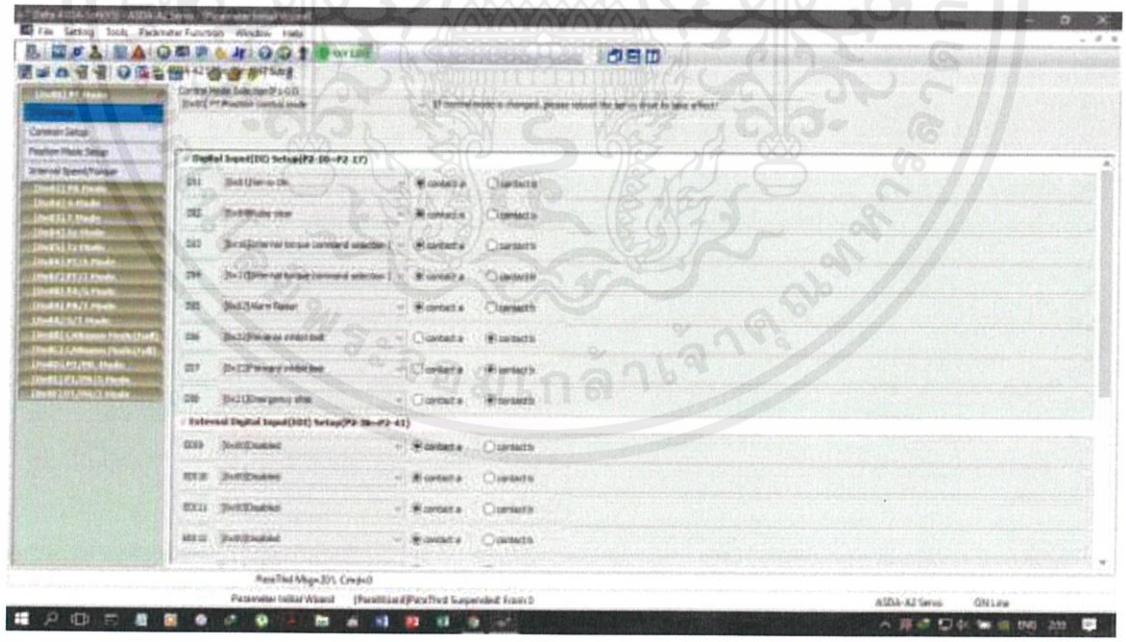
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

AC SERVO DRIVE PARAMETER

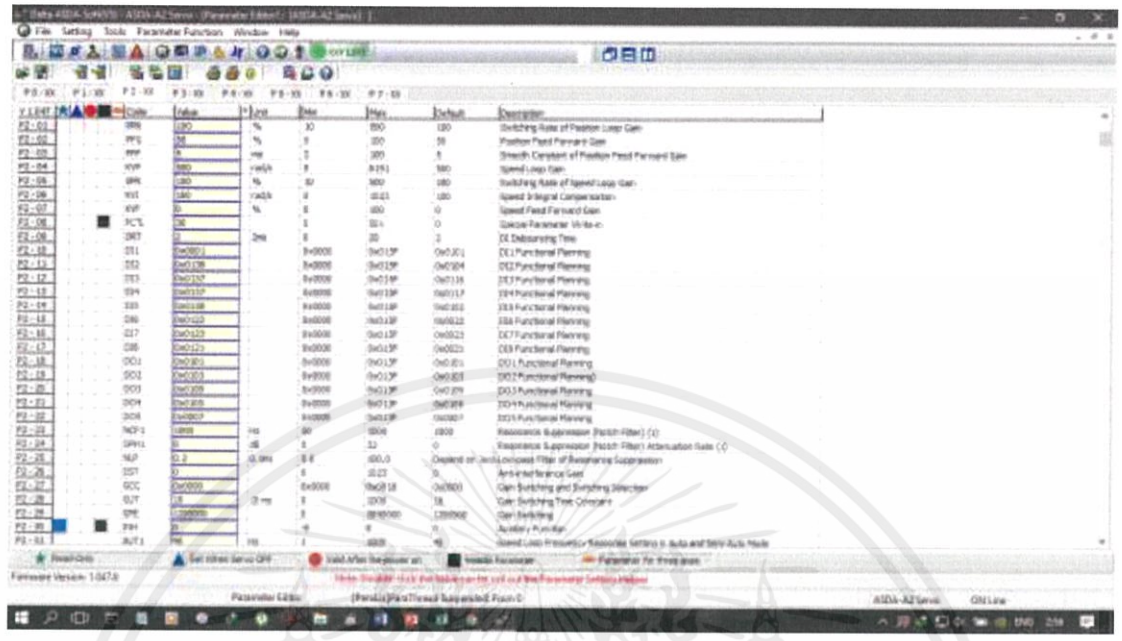
AC Servo Drive (Left)

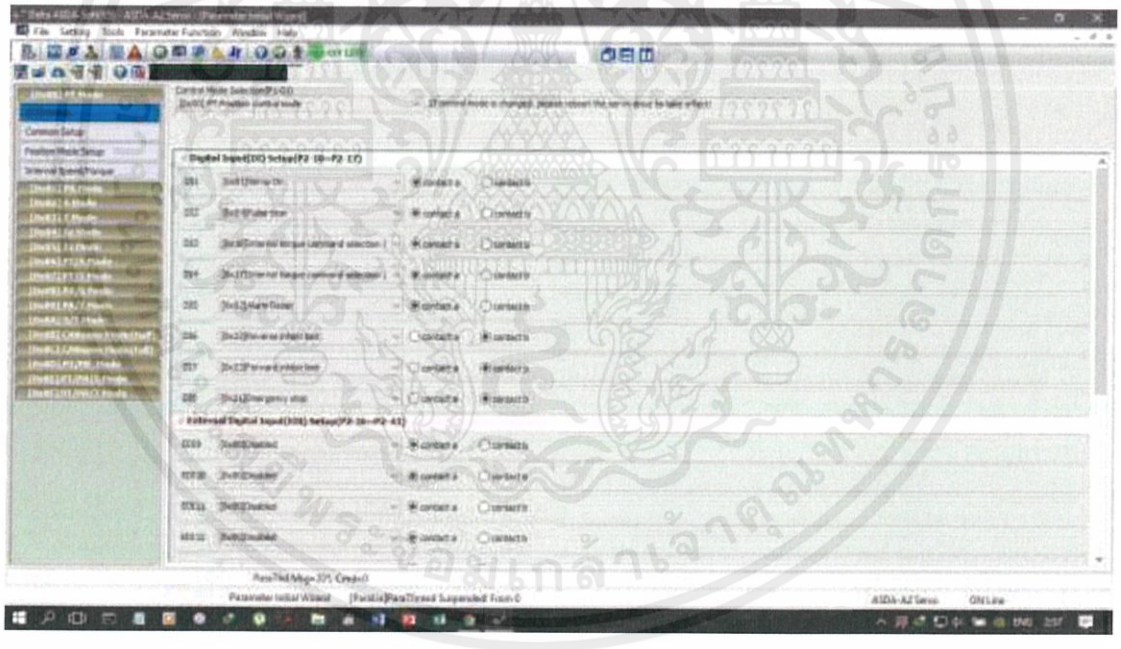




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Servo Drive (Right)





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

DATASHEET

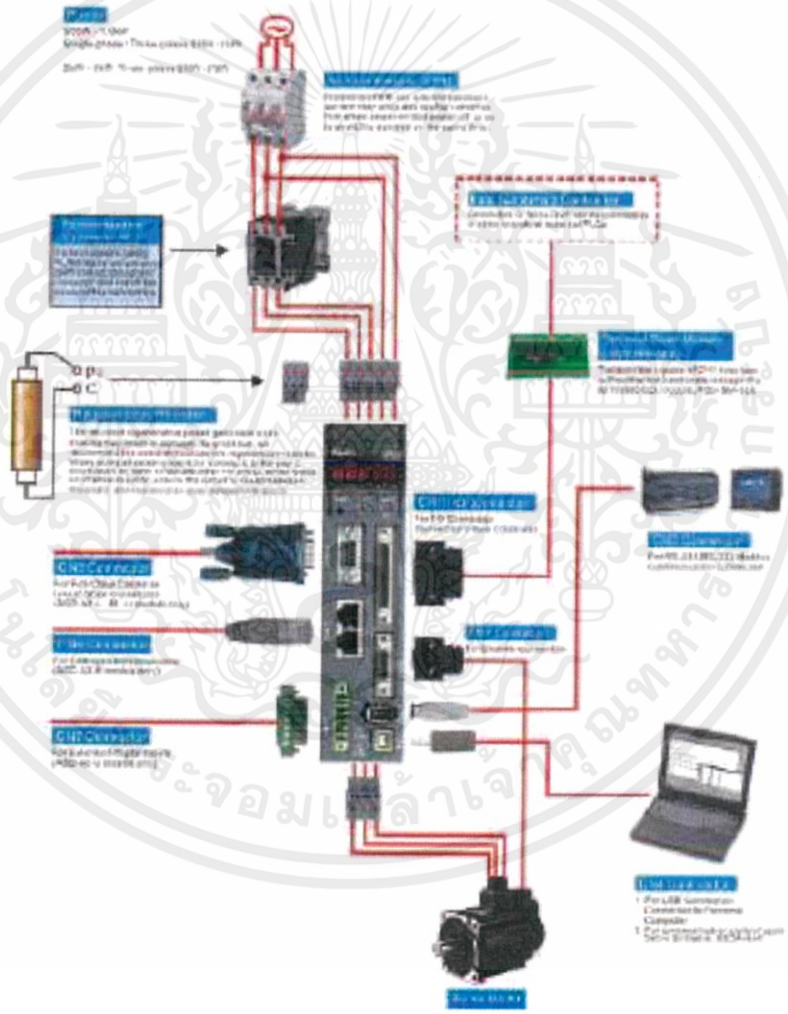
Chapter 3 Connections and Wiring

This chapter provides information on wiring ASDA-A2 series products, the descriptions of I/O signals and gives typical examples of wiring diagrams.

3.1 Connections - 220V series

3.1.1 Connecting to Peripheral Devices

Figure 3.1 Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Servo Drive Connectors and Terminals

<table>
<tr><th>Terminal Identification</th><th>Terminal Description</th><th colspan="3">Notes</th></tr>
<tr><td>L1c, L2c</td><td>Control circuit terminal</td><td colspan="3">Used to connect single-phase AC control circuit power depending on connecting servo drive model.</td></tr>
<tr><td>R, S, T</td><td>Main circuit terminal</td><td colspan="3">Used to connect three-phase AC main circuit power depending on connecting servo drive model.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">U, V, W
FG (⏚)</td><td rowspan="5">Servo motor output</td><td colspan="3">Used to connect servo motor</td></tr>
<tr><td>Terminal Symbol</td><td>Wire Color</td><td>Description</td></tr>
<tr><td>U</td><td>Red</td><td rowspan="3">Connecting to three-phase motor main circuit cable.</td></tr>
<tr><td>V</td><td>White</td></tr>
<tr><td>W</td><td>Black</td></tr>
<tr><td>FG(⏚)</td><td>Green</td><td>Connecting to ground terminal (⏚) of the servo drive.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">P⊕, D, C, ⊖</td><td rowspan="3">Regenerative resistor terminal or braking unit</td><td>Internal resistor</td><td colspan="2">Ensure the circuit is closed between P⊕ and D, and the circuit is open between P⊕ and C.</td></tr>
<tr><td>External resistor</td><td colspan="2">Connect regenerative resistor to P⊕ and C, and ensure an open circuit between P⊖ and D.</td></tr>
<tr><td>External braking unit</td><td colspan="2">Connect braking unit to P⊕ and ⊖, and ensure an open circuit between P⊕ and D, and P⊕ and C.
(N terminal is built in L1c, L2c, ⊖, and R, S, T.)
P⊖ : Connecting to (+) terminal of V_BUS voltage.
⊖ : Connecting to (-) terminal of V_BUS voltage.</td></tr>
<tr><td>⏚ two places</td><td>Ground terminal</td><td colspan="3">Used to connect grounding wire of power supply and servo motor.</td></tr>
<tr><td>CN1</td><td>I/O connector (Optional Part)</td><td colspan="3">Used to connect external controllers. Please refer to section 3.3 for details.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">CN2</td><td rowspan="8">Encoder connector (Optional Part)</td><td colspan="3">Used to connect encoder of servo motor. Please refer to section 3.4 for details.</td></tr>
<tr><td>Terminal Symbol</td><td>Wire Color</td><td>Pin No.</td></tr>
<tr><td>T+</td><td>Blue</td><td>5</td></tr>
<tr><td>T-</td><td>Blue/Black</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Reserved</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Reserved</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>+5V</td><td>Red & Red/White</td><td>14, 16</td></tr>
<tr><td>GND</td><td>Black & Black/White</td><td>13, 15</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminal Identification	Terminal Description	Notes
CN3	Communication connector (Optional Part)	Used for RS-485 or RS-232 communication connection. Please refer to section 3.5 for details.
CN4	USB connector (Type B) (Optional Part)	Used to connect personal computer (PC or notebook). Please refer to section 3.6 for details.
CN5	Position feedback signal connector (for full-closed loop) (Optional Part)	Used to connect to linear scale or encoder to constitute a full-closed loop. Please refer to section 3.7 for details.
CN6	CANopen communication port (Optional Part)	RJ45 connector, used for CANopen communication. Please refer to section 3.8 for details.
CN7	Extension digital input terminal (Optional Part)	Used to connect to extension digital inputs. Please refer to section 3.9 for details.
CN8	Reserved connector	Reserved
CN9	Communication extension connector (Optional Part)	Used to connect to other extension cards (will be available soon).

Wiring Notes

Please observe the following wiring notes while performing wiring and touching any electrical connections on the servo drive or servo motor.

1. Ensure to check if the power supply and wiring of the "power" terminals (R, S, T, L1C, L2C, U, V, & W) is correct.
2. Please use shielded twisted-pair cables for wiring to prevent voltage coupling and eliminate electrical noise and interference.
3. As a residual hazardous voltage may remain inside the drive, please do not immediately touch any of the "power" terminals (R, S, T, L1C, L2C, U, V, & W) and/or the cables connected to them after the power has been turned off and the charge LED is lit. (Please refer to the Safety Precautions on page ii).
4. The cables connected to R, S, T and U, V, W terminals should be placed in separate conduits from the encoder or other signal cables. Separate them by at least 30cm (11.8 inches).
5. If the encoder cable (CN2) or the cable for position feedback signal connector (CN5) is too short, please use a twisted-shield signal wire with grounding conductor. The wire length should be 20m (65.62ft.) or less. For lengths greater than 20m (65.62ft.), the wire gauge should be doubled in order to lessen any signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 Input / Output Interface Connector -CN1

The CN1 Interface Connector provides access to three signal groups:

i General interface for the analog speed and torque control, encoder reference signal from the motor, pulse / direction inputs, and reference voltages.

ii 8 programmable Digital Inputs (DI), can be set via parameters P2-10 ~ P2-17

iii 5 programmable Digital Outputs (DO), can be set via parameters P2-18 ~ P2-22

A detailed explanation of each group is available in Section 3.3.2, Tables 3.A, 3.B & 3.C.

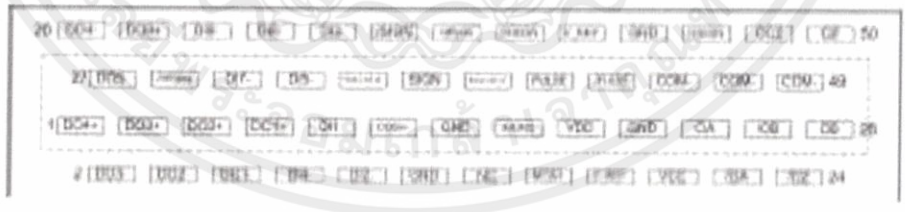
3.4.1 CN1 Terminal Identification

Figure 3.11 The Layout of CN1 Drive Connector

CN1 Drive Connector

Side View

Rear View



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CN1 Terminal Signal Identification

1	DO4+	Digital output
2	DO3-	Digital output
3	DO3+	Digital output
4	DO2-	Digital output
5	DO2+	Digital output
6	DO1-	Digital output
7	DO1+	Digital output
8	DI4-	Digital input
9	DI1-	Digital input
10	DI2-	Digital input
11	COM+	Power input (12~24V)
12	GND	Analog input signal ground
13	GND	Analog input signal ground
14	NC	No Connection
15	MON2	Analog monitor output 2
16	MON1	Analog monitor output 1
17	VDD	+24V power output (for external I/O)
18	T_REF	Analog torque Input
19	GND	Analog input signal ground
20	VCC	+12V power output (for analog command)
21	OA	Encoder A pulse output
22	/OA	Encoder /A pulse output
23	/OB	Encoder /B pulse output
24	/OZ	Encoder /Z pulse output
25	OB	Encoder B pulse output

26	DO4-	Digital output
27	DO5-	Digital output
28	DO5+	Digital output
29	/HPULSE	High-speed position pulse (-)
30	DI8-	Digital input
31	DI7-	Digital input
32	DI6-	Digital input
33	DI5-	Digital input
34	DI3-	Digital input
35	PULL HI_S (SIGN)	Pulse applied power (SIGN)
36	/SIGN	Position sign (-)
37	SIGN	Position sign (+)
38	HPULSE	High-speed position pulse (+)
39	PULL HI_P (PULSE)	Pulse applied Power (PULSE)
40	/HSIGN	High-speed position sign (-)
41	PULSE	Pulse input (+)
42	V_REF	Analog speed input (+)
43	/PULSE	Pulse input (-)
44	GND	Analog input signal ground
45	COM-	VDD(24V) power ground
46	HSIGN	High-speed position sign (+)
47	COM-	VDD(24V) power ground
48	OCZ	Encoder Z pulse open-collector output
49	COM-	VDD(24V) power ground
50	OZ	Encoder Z pulse line-driver output

NOTE

1) The terminal marked "NC" must be left unconnected (No Connection). The NC terminal is used within the servo drive. Any outside connection to the NC terminal will result in damage to the drive and void the warranty!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.2 Specifications of Servo Motors (ECMA Series)

11.2.1 ECMA 220V Series

Low Inertia Series - 220V series

ECMA Series	C104	C106		C108		C110	
	01	02	04	04	07	10	20
Rated output power (kW)	0.1	0.2	0.4	0.4	0.75	1.0	2.0
Rated torque (N-m)*	0.32	0.64	1.27	1.27	2.39	3.18	6.37
Maximum torque (N-m)	0.96	1.92	3.82	3.82	7.16	9.54	19.1
Rated speed (r/min)	3000						
Maximum speed (r/min)	5000						
Rated current (A)	0.90	1.55	2.60	2.60	5.10	7.30	12.05
Power rating (kW/s)	2.70	4.65	7.80	7.80	15.3	21.9	36.15
Rotor moment of inertia ($Kg.m^2$) (without brake)	27.7	22.4	57.6	24.0	50.4	38.1	90.6
Mechanical time constant (ms)	0.037	0.177	0.277	0.68	1.13	2.65	4.45
Mechanical time constant (ms)	0.75	0.80	0.53	0.74	0.63	0.74	0.61
Torque constant-KT (N-m/A)	0.36	0.41	0.49	0.49	0.47	0.44	0.53
Voltage constant-KE (mV/(r/min))	13.6	16.0	17.4	18.5	17.2	16.8	19.2
Armature resistance (Ohm)	9.30	2.79	1.55	0.93	0.42	0.20	0.13
Armature inductance (mH)	24.0	12.07	6.71	7.39	3.53	1.81	1.50
Armature inductance (mH)	2.58	4.30	4.30	7.96	8.37	9.30	11.4
Insulation class	Class A (UL), Class B (CE)						
Insulation resistance	>100MΩ, DC 500V						
Insulation strength	1500V AC, 60 seconds						
Weight (kg) (without brake)	0.5	1.2	1.6	2.1	3.0	4.3	6.2
Weight (kg) (with brake)	0.8	1.5	2.0	2.9	3.8	4.7	7.2
Max. radial shaft load (N)	78.4	196	196	245	245	490	490
Max. thrust shaft load (N)	39.2	68	68	98	98	98	98
Power rating (kW/s) (with brake)	25.6	21.3	53.8	22.1	48.4	30.4	82.0
Rotor moment of inertia ($Kg.m^2$) (with brake)	0.04	0.19	0.30	0.73	1.18	3.33	4.95
Mechanical time constant (ms) (with brake)	0.81	0.85	0.57	0.78	0.65	0.93	0.66
Brake holding torque [Nt-m (min)]	0.3	1.3	1.3	2.5	2.5	8.0	8.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ECMA Series	C104	C106		C108		C110	
	01	02	04	04	07	10	20
Brake power consumption (at 20℃) [W]	7.3	6.5	6.5	8.2	8.2	19.4	19.4
Brake release time [ms (Max)]	5	10	10	10	10	10	10
Brake pull-in time [ms (Max)]	25	70	70	70	70	70	70
Vibration grade (μm)	15						
Operating temperature	0℃ to 40℃ (32°F to 104°F)						
Storage temperature	-10℃ to 80℃ (-14°F to 176°F)						
Operating humidity	20% to 90% RH (non-condensing)						
Storage humidity	20% to 90% RH (non-condensing)						
Vibration capacity	2.5G						
IP Rating	IP65 (when waterproof connectors are used, or when an oil seal is used to be fitted to the rotating shaft (an oil seal model is used))						
Approvals	CE c UL us						

Footnote:

*1 Rate torque values are continuous permissible values at 0~40℃ ambient temperature when attaching with the sizes of heatsinks listed below:
ECMA-__04 / 06 / 08 : 250mm x 250mm x 6mm
ECMA-__10 : 300mm x 300mm x 12mm
ECMA-__13 : 400mm x 400mm x 20mm
ECMA-__18 : 550mm x 550mm x 30mm
Material type : Aluminum – F40, F60, F80, F100, F130, F180

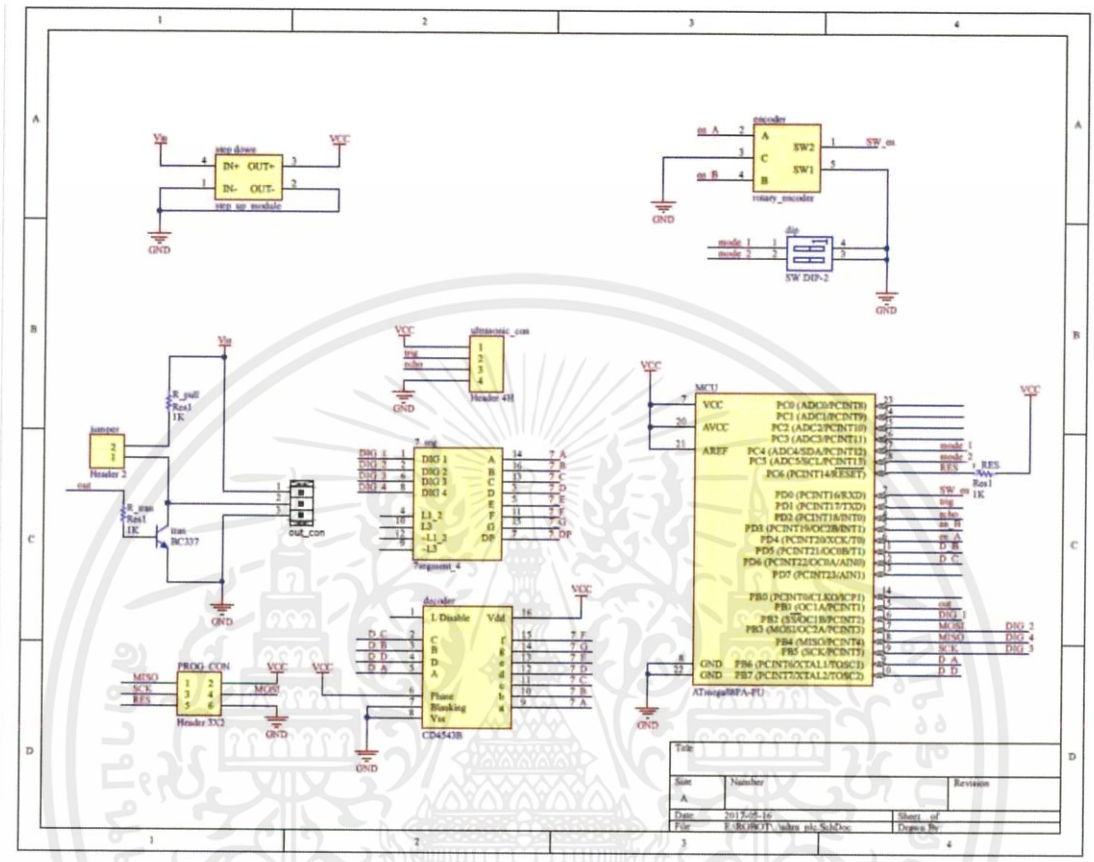
NOTE

1) Please refer to Section 1.2 for details about the model explanation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

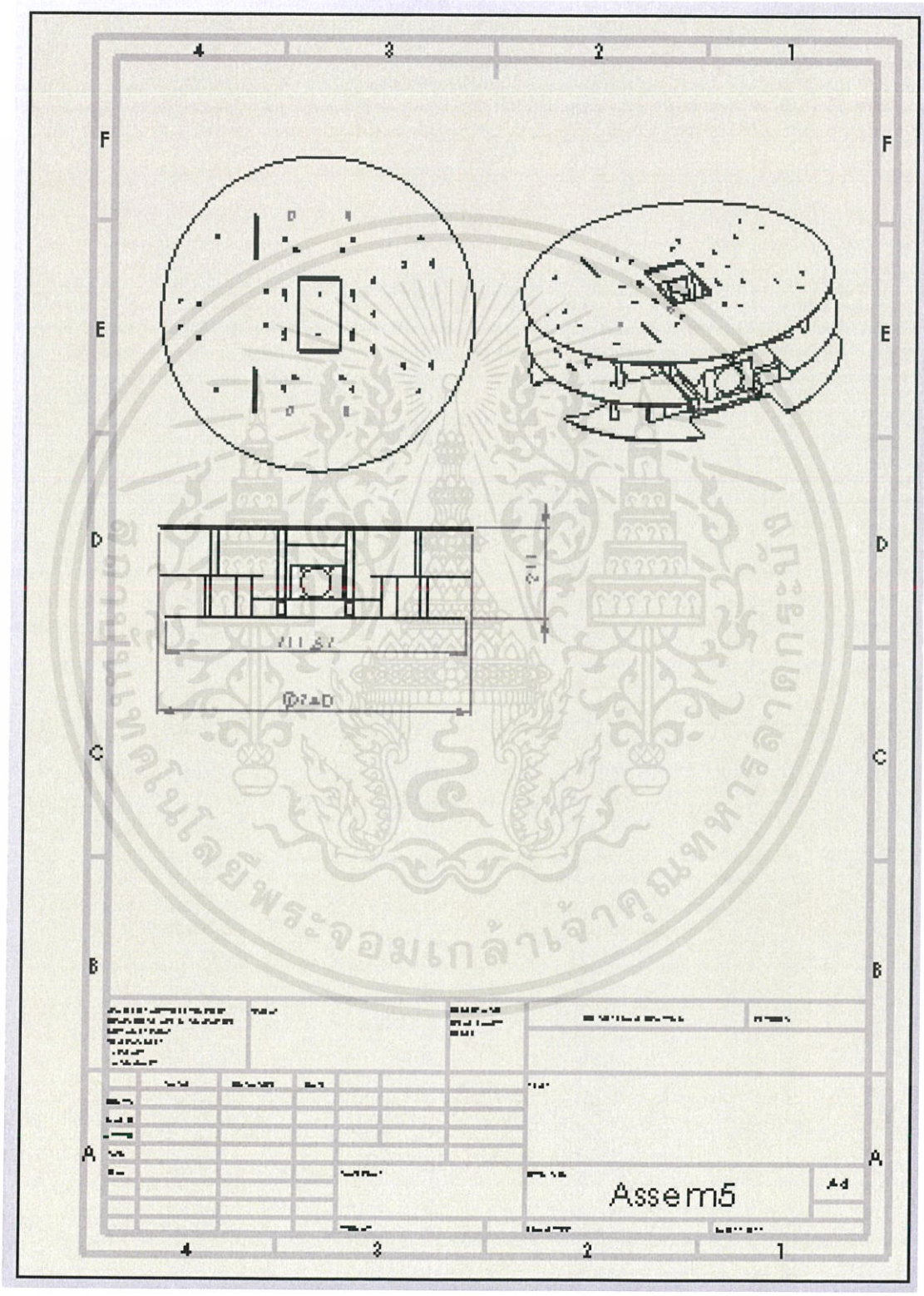
CIRCUIT DESIGN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

MECHANICAL DESIGN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้