

ระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกน
CAR CONTROL SYSTEM USING 3-AXIS SENSOR

โดย

นายนี้ท ชาญจิรวัตร
นายนิรินธร ศรีวัฒนารชัย
นางสาวสิริธร โคลงฉันท

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกน
CAR CONTROL SYSTEM USING 3-AXIS SENSOR

โดย

นายนี้ท	หาญจิรวัตร	57010673
นายนิรินธร	ศรีวัฒนวรชัย	57010687
นางสาวสิริธร	โคลงฉันท	57011375

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. นภัทร สระเอี่ยม

ผศ.ดร. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์

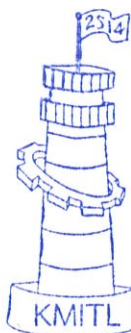
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560



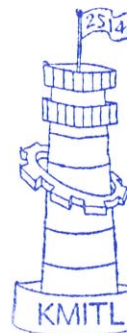
ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

()

อาจารย์ที่ปรึกษา

18/5/61

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering



ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

()

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

18/5/61

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

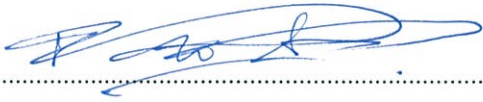
เรื่อง ระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกน

CAR CONTROL SYSTEM USING 3-AXIS SENSOR

ผู้จัดทำ

1. นายน์ท หาญจิรวัตร 57010673
2. นายนิรินทร ศรีวัฒนวรชัย 57010687
3. นางสาวสิริธร โคลงฉันท 57011375


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร. นภัทร สระเอี่ยม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผศ.ดร. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้จะไม่สำเร็จล่วงได้ หากขาดการสนับสนุนที่ดีจากหลายฝ่าย อย่างยิ่ง ผศ.ดร. นภัทร สระเอี่ยม ผศ.ดร. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ และ ดร. สมปอง วิเศษพาณิชย์ ซึ่งท่านได้สนับสนุนทั้งการให้คำแนะนำต่างๆ เสนอแนวทางแก้ปัญหา สนับสนุนเครื่องมือและ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าของปริญญานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านและเพื่อนในภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำปรึกษาช่วยเหลือและถ่ายทอดความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาปริญญานิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ ที่ช่วยให้การจัดทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี

นายนัท หาญจิรวัตร
นายนิรินทร ศรีวัฒนวรชัย
นางสาวสิริธร โคลงฉันท
ผู้จัดทำ

ระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกน

CAR CONTROL SYSTEM USING 3-AXIS SENSOR

โดย	นายณัฐ หาญจิรวัตร	57010673
	นายนิรินทร ศรีวัฒนวรชัย	57010687
	นางสาวสิริธร โคลงฉันท	57011375

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. นภัทร สระเอี่ยม
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร. ธเนศ พัฒนธาตาพงษ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการสำรวจในประเทศไทย โดยศึกษาหลักการทำงานและออกแบบรถบังคับโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านการควบคุมจากระยะไกล รถบังคับสองล้อที่ได้ออกแบบนั้นประกอบด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โมดูลควบคุมมอเตอร์ และกล้องบันทึกภาพ ภาพที่บันทึกได้จากกล้องซึ่งติดอยู่กับรถบังคับจะถูกนำมาแสดงผลบนหน้าจอแบบเรียลไทม์ การควบคุมรถนั้นทำได้โดยการจับการเคลื่อนไหวของเซ็นเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่บนแว่นแทนการควบคุมโดยใช้ปุ่มแบบทั่วไป ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งที่ได้ประมวลผลแล้วผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดกับรถบังคับเพื่อให้สามารถควบคุมรถบังคับให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้ เช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวขวา และเลี้ยวซ้ายได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้รถบังคับและหลักการทำงานจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาและพัฒนาต่อไป

ABSTRACT

This thesis studies and designs a robot car using microcomputer with remote controller. The 2-wheel robot car was constructed using Raspberry Pi 3 microcomputer, DC motor, L298 motor controller and added camera. Display on glasses is used as monitoring device to display real time video from the camera which placed in car. The car is controlled by using sensor and another microcomputer on glasses instead of other method like buttons. Microcomputer

transmits the command using its built-in Wi-Fi to other microcomputer in car so it can move in the required direction like moving forward, turn left and turn right and so on. From this project, we hope it'll be a prototype for develop the survey technology in Thailand.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไมโครคอมพิวเตอร์ RASPBERRY PI 3	3
2.2 การรับและแสดงผลภาพเคลื่อนไหว	7
2.3 เซ็นเซอร์ GY-88	8
2.4 การเชื่อมต่อด้วยบัส I2C	12
2.5 มุม ROLL PITCH และ YAW	14
2.6 การควบคุมมอเตอร์และโมดูล L298N	16
2.7 หลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย PWM	21
2.8 เทคโนโลยีแลนไร้สาย (WLAN)	23
2.9 การทำงานของไคลเอนต์ เซิร์ฟเวอร์	25
2.10 อัตราการใช้ไฟฟ้า (POWER CONSUMPTION)	30
บทที่ 3	
การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์	33
3.1 การออกแบบ	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	42
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	42
บทที่ 4 ผลการทดลอง	44
4.1 ผลการทดสอบการรับส่งภาพจากกล้องหน้ารถ	44
4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับ	46
4.3 ผลการทดสอบการใช้ไฟฟ้าของระบบ	51
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผล	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	ภาพรวมแผนผังการทำงานของระบบ	2
2.1	ไมโครคอมพิวเตอร์ RASPBERRY PI 3 โมเดล B	3
2.2	ขา GPIO ของ Raspberry Pi 3	5
2.3	โมดูลกล้อง RASPBERRY PI REV 1.3	8
2.4	หน้าจอ LCD	8
2.5	โมดูลเซ็นเซอร์สามแกน GY-88	9
2.6	แกน X Y และ Z ที่กำหนด	10
2.7	ภาพด้านบนของชิป HMC5883L	11
2.8	รูปแบบการเขียนและอ่านข้อมูลบนบัส I2C	13
2.9	ไดอะแกรมเวลาการสื่อสารข้อมูลบนบัส I2C	14
2.10	แกนหาค่า ROLL PITCH และ YAW	15
2.11	โมดูล L298N	16
2.12	ขาการทำงานของ L298N	17
2.13	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเข้ากับล้อ	19
2.14	แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ร่วมกับ L298N	19
2.15	วงจร H-BRIDGE	20
2.16	การทำงานของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา	21
2.17	การทำงานของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา	21
2.18	ดิวตี้ไซเคิล 25% ที่แรงดัน 12 โวลต์	22
2.19	ดิวตี้ไซเคิล 50% ที่แรงดัน 12 โวลต์	22
2.20	BSS	23
2.21	ESS	24
2.22	BLOCK DIAGRAM ของฝั่งเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์	26
3.1	รถบังคับที่ได้ออกแบบ	35
3.2	การต่อวงจรในส่วนควบคุม	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.3	แว่นสวมศีรษะผู้ใช้งาน	37
4.1	ผลภาพจากหน้าจอ LCD ที่ติดตั้งอยู่บนแว่น	44
4.2	การเปรียบเทียบเวลาที่ถูกส่งไปสตรีมกับเวลาปัจจุบัน	45
4.3	มุมที่เอียงไปประมาณ 4.27 องศา	47
4.4	มุมที่เอียงไปประมาณ 9.49 องศา	48
4.5	มุมที่เอียงไปประมาณ 10.39 องศา	48
4.6	การกำหนดค่าเริ่มต้น	49
4.7	คำสั่งเดินหน้า	50
4.8	คำสั่งเลี้ยวซ้าย	50
4.9	คำสั่งเลี้ยวขวา	51
4.10	กราฟผลการทดสอบครั้งที่ 1	52
4.11	กราฟผลการทดสอบครั้งที่ 2	53

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของ RASPBERRY PI 3 โมเดล B	4
2.2 พอร์ตการเชื่อมต่อ	4
2.3 ค่าพารามิเตอร์ของชิป MPU6050	10
2.4 ค่าพารามิเตอร์ของชิป HMC5883L	12
2.5 รายละเอียดของพอร์ตการทำงาน	17
2.6 คุณสมบัติทางเทคนิค	18
3.1 คุณลักษณะที่ต้องการใช้งาน	33
3.2 ตารางการทำงานของมอเตอร์ A	36
3.3 ตารางการทำงานของมอเตอร์ B	37
3.4 การเคลื่อนที่ของรถด้วยค่าจากเซ็นเซอร์ที่มาจากการเคลื่อนไหวศีรษะ	41
4.1 ระยะเวลาที่ติลย์ทั้งหมด 15 ครั้ง	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

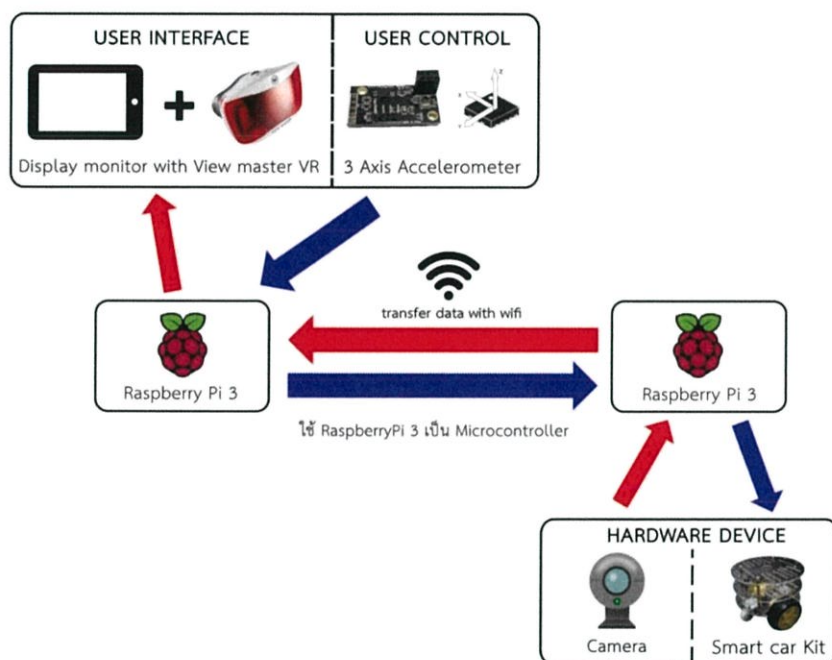
ปัจจุบันนี้ภัยพิบัติทางธรรมชาติต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยมีความรุนแรงส่งผลให้เกิดอันตรายและเกิดความสูญเสียทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน อาทิ อุทกภัย แผ่นดินถล่ม และ แผ่นดินไหว พื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยมีโอกาสได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ซึ่งตึกและอาคารสูงมีโอกาสได้รับความเสียหายและถล่มลงได้ เทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการสำรวจของประเทศ ไทยมีการผลิตภายในประเทศไม่มากนัก ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศจึงทำให้มีราคาสูง ปรินูญานินพธน์จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างระบบควบคุมรถบังคับเพื่อการสำรวจซึ่งทำหน้าที่เข้าค้นหา ตำแหน่งของวัตถุในพื้นที่แคบ เข้าถึงได้ยากและเสี่ยงอันตรายแทนมนุษย์เข้ามาใช้งาน โดยผู้จัดทำ จะนำเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality Technology) มาผสมผสานเพื่อเข้าสู่สภาพ จำลองจากสถานที่จริง เช่น การเข้าค้นหาตำแหน่งของผู้รอดชีวิตพร้อมส่งภาพกลับมาเพื่อให้เข้าถึง จุดกู้ภัยได้อย่างถูกต้องนำไปสู่การดำเนินการเข้าช่วยเหลือของทีมกู้ภัย รวมถึงส่งงานควบคุมทิศทาง ของรถได้สะดวก เป็นต้น โดยการสร้างรถบังคับและหลักการทำงานจะใช้เป็นต้นแบบในการศึกษา และพัฒนาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาหลักการทำงานและเรียนรู้หลักการของการสร้างระบบควบคุมรถด้วย เซ็นเซอร์สามแกนเพื่อให้เข้าใจภาพรวมของระบบและหลักการต่างๆ ที่มีความสำคัญ
- 2) นำเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality Technology) มาผสมผสานเพื่อ เข้าสู่สภาพจำลองจากสถานที่จริง แล้วแสดงผลภาพแบบเรียลไทม์โดยเชื่อมต่อแบบไร้สาย
- 3) ส่งงานอุปกรณ์เพื่อควบคุมทิศทาง การเคลื่อนที่และความเร็วของรถบังคับให้ เคลื่อนที่ไปตามคำสั่งจากเซ็นเซอร์สามแกนจากการเคลื่อนไหวศีรษะของผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 4) เป็นต้นแบบในการพัฒนาและต่อยอดเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมรถ

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

ปริญญาโทนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนการแสดงผลภาพและส่วนการควบคุมบังคับ ในส่วนการแสดงผลภาพผู้จัดทำจะติดกล้องไว้ที่รถบังคับเพื่อบันทึกภาพ หลังจากนั้นส่งภาพที่บันทึกได้ไปแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่านทางหน้าจอแสดงผล และในส่วนการควบคุมบังคับนั้น ผู้ใช้งานจะสามารถเคลื่อนไหวศีรษะเพื่อสั่งงาน โดยเมื่อเซ็นเซอร์มีการจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์จะส่งค่าที่ได้ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและสั่งการให้รถบังคับเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการต่อไป แผนผังการทำงานของระบบโดยภาพรวมแสดงได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ภาพรวมแผนผังการทำงานของระบบ

หลักการทำงานของส่วนการแสดงผลภาพนั้น กล้องจะทำการบันทึกภาพจาก Raspberry Pi 3 ตัวหนึ่งส่งไปยัง Raspberry Pi 3 อีกตัวหนึ่งผ่านการเชื่อมต่อ Wi-Fi และรับส่งภาพโดยใช้โปรโตคอลในชั้นทรานสปอร์ตเลเยอร์ เมื่อรับภาพมาแล้วจึงนำไปแสดงผลทางหน้าจอที่ติดอยู่กับแว่น ส่วนด้านการควบคุมรถบังคับนั้นผู้จัดทำได้ต่อเซ็นเซอร์ GY-88 ที่มีชิปอ่านค่าเพื่อวัดความเร่ง (accelerometer) และเข็มทิศ (compass) เข้ากับ Raspberry Pi 3 เพื่อเก็บค่าในแกน x y และ z แล้วประมวลผลคำสั่งและส่งผลคำสั่งไปยัง Raspberry Pi 3 อีกตัวหนึ่งเพื่อให้สามารถควบคุมรถบังคับให้เป็นไปตามคำสั่ง

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษาและอธิบายถึงหลักการทำงานของระบบควบคุมรถ ซึ่งระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแสดงผลภาพที่ได้จากกล้องหน้ารถ และส่วนของการควบคุมทิศทางของรถโดยอาศัยเซ็นเซอร์สามแกน อุปกรณ์ที่สำคัญประกอบไปด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 กล้อง หน้าจอแสดงผลภาพ เซ็นเซอร์ GY-88 และโมดูล L298N ที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยอ้างอิงจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3

การรับส่งข้อมูลภาพและคำสั่งเพื่อควบคุมรถนั้น ต้องใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมต่อแบบไร้สายได้และสามารถควบคุมรถได้ในระยะไกลโดยไม่ต้องเชื่อมต่อสาย ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 โมเดล B มี Built-in Wi-Fi ในตัวจึงสามารถเชื่อมต่อในรูปแบบไร้สายและมีความเหมาะสมกับการใช้งานโดยที่ไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์ ภาพของ ไมโครคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.1 คุณสมบัติและพอร์ตการเชื่อมต่อของ Raspberry Pi 3 โมเดล B แสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 โมเดล B

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 โมเดล B

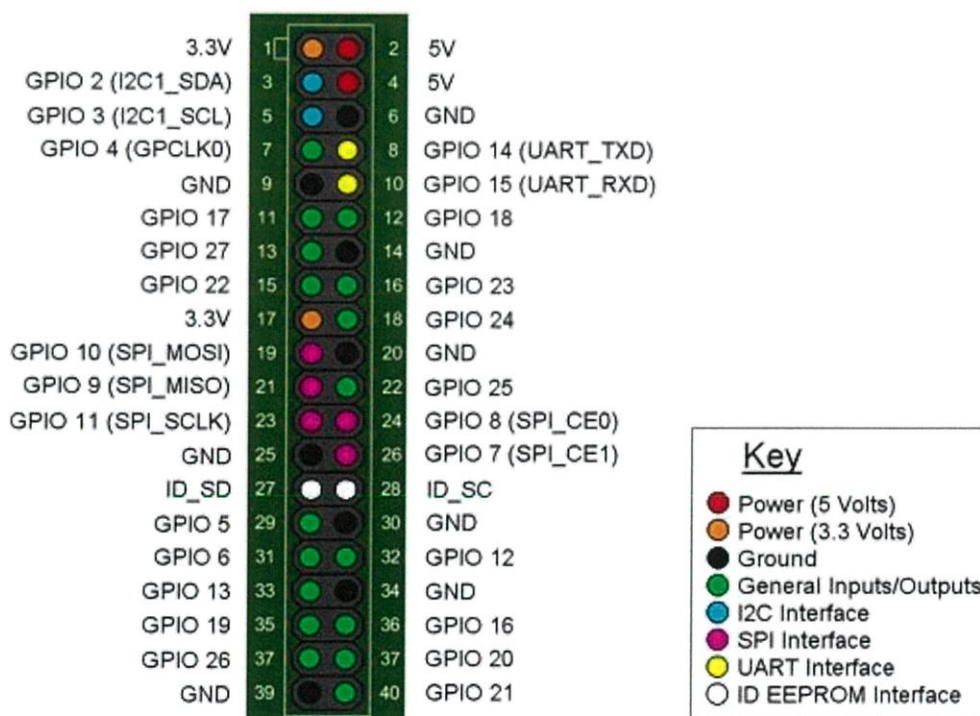
คุณสมบัติ	รายละเอียด
โปรเซสเซอร์	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure.
หน่วยความจำ	1GB LPDDR2
ระบบปฏิบัติการ	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
ขนาด	85 x 56 x 17mm
แหล่งจ่ายไฟฟ้า	Micro USB socket 5V, 2.5A

ตารางที่ 2.2 พอร์ตการเชื่อมต่อ

พอร์ตเชื่อมต่อ	รายละเอียด
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
พอร์ตเชื่อมต่อวิดีโอ	HDMI
พอร์ตเชื่อมต่อลำโพง	Audio Output 3.5mm jack
ขา GPIO	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines.
พอร์ตเชื่อมต่อกล้อง	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)

พอร์ตเชื่อมต่อหน้าจอ	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane.
ช่องเสียบการ์ดหน่วยความจำ	Push/pull Micro SDIO

การเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์เข้ากับเซ็นเซอร์ กล้อง หน้าจอแสดงผล หรืออุปกรณ์ต่างๆ นั้น จำเป็นต้องทราบรายละเอียดของขา GPIO (General Purpose Input/Output) เพื่อที่จะทำการเชื่อมต่อและใช้งานได้อย่างถูกต้อง เช่น เซ็นเซอร์จะต้องสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยบัสแบบ I2C โดยใช้ SDA และ SCL เพื่อเชื่อมต่อระหว่างกันจึงต้องทราบว่าขาที่เชื่อมต่อ SDA และ SCL คือขา 3 และขา 5 ตามลำดับ เป็นต้น โดยตำแหน่งขาของ Raspberry Pi 3 จำนวน 40 ขาแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขา GPIO ของ Raspberry Pi 3

2.1.1 ภาษาไพธอน (Python)

การใช้งานไมโครคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องมีการลงระบบปฏิบัติการ Raspbian ลงใน การ์ด microSD ซึ่งภายหลังจากการลงระบบปฏิบัติการเรียบร้อยแล้วจะสามารถใช้งาน ไมโครคอมพิวเตอร์ได้ด้วยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน

ภาษาไพธอน (Python) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชั้นสูงภาษา หนึ่งออกแบบให้โค้ด (code) อ่านและทำความเข้าใจได้ง่าย การประมวลผลจะทำในแบบอินเทอร์ พรีเตอร์ คือ ประมวลผลไปทีละบรรทัด มีการส่งคำสั่งและตีความหมายของการเว้นช่องไฟ และ อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ซึ่งต่างกับอักษรพิมพ์เล็ก ภาษาไพธอนพัฒนาขึ้นมาแบบไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถใช้ได้บนหลากหลายระบบ เช่น Linux Windows XP Windows 7 Windows 8 Windows 10 และ Unix เป็นต้น

2.1.1.1 คุณลักษณะเด่นของภาษา Python

- สนับสนุนแนวแบบคิดออปเจกต์โอเรียนเต้ด หรือ OOP (Object Oriented Programming) ซึ่งเป็นวิธีการเขียนโปรแกรมโดยอาศัยแนวคิดของวัตถุ คือ มีความสามารถในการปกป้องข้อมูลและการสืบทอดคุณสมบัติ
- เป็น Open Source ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและใช้งานได้
- เป็น Dynamic typing ผู้ใช้งานสามารถจัดการข้อมูล เช่น การเปลี่ยนแปลงชนิดข้อมูลได้ง่ายและสะดวก
- มี Built-in Object Types โครงสร้างของข้อมูลที่สามารถใช้งานได้ไพธอนจะประกอบด้วยลิสต์ ดิกชันนารี สตริง ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง
- สามารถเขียนโปรแกรมและใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย เช่น Linux Windows XP Windows 7 Windows 8 Windows 10 และ Unix เป็นต้น
- ไพธอนจะรวมมาตรฐานการอินเตอร์เฟส Tkinter ซึ่งสนับสนุนบนระบบปฏิบัติการที่หลากหลายทั้ง Windows และ Macintosh การใช้คำสั่ง Tkinter API ช่วยให้ ผู้เขียนโปรแกรมไม่ต้องแก้ไขโค้ดเมื่อนำไปบนระบบปฏิบัติการอื่นๆ
- อนุญาตให้ฝังชุดคำสั่งของไพธอนเอาไว้ภายในโค้ดภาษา C/C++ ได้ ซึ่งสะดวกในเขียนเพื่อพัฒนาโปรแกรม
- มีไลบรารีสนับสนุนด้านการสร้างภาพกราฟฟิก เช่น ทำภาพเบลอ หรือภาพ ขัด หรือเขียนข้อความบนภาพ ตลอดจนถึงทีกไฟล์ในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างสะดวกและมี ประสิทธิภาพ

- มีไลบรารีสนับสนุนด้านปัญญาประดิษฐ์

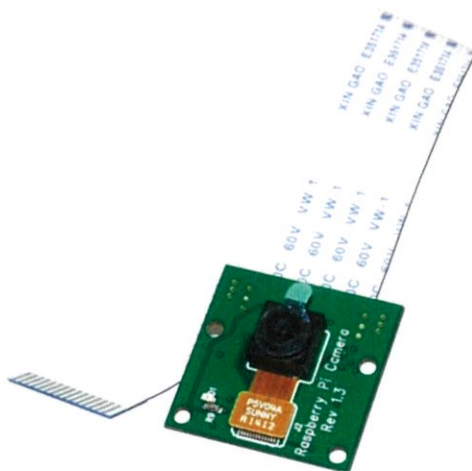
2.2 การรับและแสดงผลภาพเคลื่อนไหว

ส่วนของการแสดงผลภาพเคลื่อนไหว เป็นการรับภาพจากกล้องซึ่งติดอยู่ด้านหน้าของตัวรถบังคับแล้วส่งภาพเคลื่อนไหวที่ได้เข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งภาพเคลื่อนไหวที่รับมาได้ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งซึ่งติดอยู่กับแว่นที่ผู้ใช้งานสวมศีรษะอยู่ ผู้ใช้งานจะมองเห็นภาพเคลื่อนไหวที่ได้รับมาแบบเรียลไทม์ แล้วจึงสั่งงานในส่วนควบคุมต่อไป อุปกรณ์ที่สำคัญในส่วนของการแสดงภาพนั้น มีดังนี้

2.2.1 กล้อง Raspberry Pi Rev 1.3

Raspberry Pi Camera Rev 1.3 เป็นโมดูลกล้องที่ใช้ต่อร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi โดยการเชื่อมต่อโมดูลกล้องและไมโครคอมพิวเตอร์นั้นจะเชื่อมต่อผ่านสายแพด้วยบัส CSI (Common System Interface)

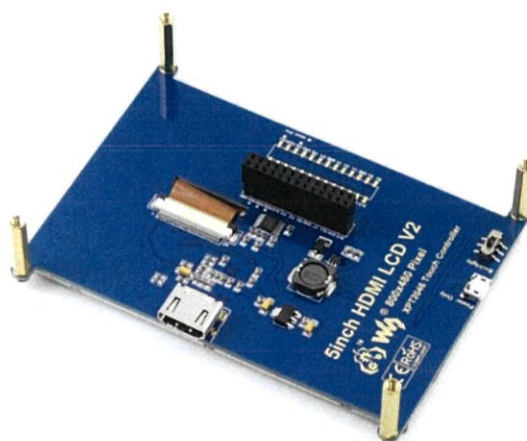
ภาพที่ได้มีความละเอียด 5 ล้านพิกเซล สามารถถ่ายวิดีโอระดับ HD ที่ความละเอียด 1080p 720p และ 640x480 ด้วยอัตราแสดงผล 30 (1080p) 60 (720p และ 640x480) และ 90 (640x480) เฟรมต่อวินาที ในการรับส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจะมีความละเอียดสูงสุดอยู่ที่ 1920 x 1080 เฟรมต่อวินาที โมดูลมีขนาด 25x20x9 มิลลิเมตร น้ำหนัก 3 กรัม โมดูลกล้องแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โมดูลกล้อง Raspberry Pi Rev 1.3

2.2.2 จอแสดงผล

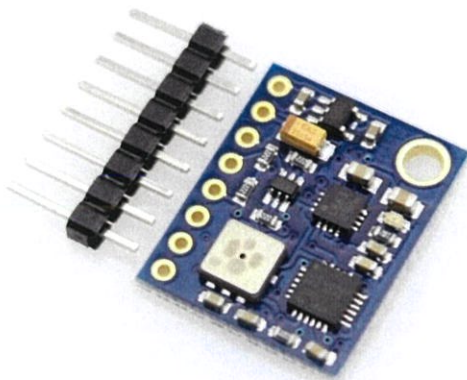
LCD (Liquid Crystal Display) ซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบดิจิทัล (digital) โดยภาพที่ปรากฏขึ้นเกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงด้านหลังของจอภาพ (back light) ผ่านชั้นกรองแสง (polarized filter) แล้ววิ่งไปยังคริสตัลเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซล คือ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงินกลายเป็นพิกเซล (pixel) ที่สว่างขึ้น หน้าจอ LCD ที่ใช้มีขนาดหน้าจอ 5 นิ้วความละเอียดภาพ 800x480 พิกเซล ต่อเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 เพื่อแสดงผลที่รับมาจากไมโครคอนโทรเลอร์อีกตัวหนึ่งซึ่งติดอยู่กับกล่องด้านหลังบังคับ หน้าจอ 5 inch HDMI LCD V2 แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 หน้าจอ LCD

2.3 เซ็นเซอร์ GY-88

เซ็นเซอร์ GY-88 เป็นโมดูลเซ็นเซอร์สามแกน บนโมดูลประกอบด้วยชิป MPU6050 HMC5883L และ BMP085 ที่สามารถวัดค่าต่างๆได้ เช่น เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer) เซ็นเซอร์ตรวจจับสนามหมุน (gyroscope) เข็มทิศ (compass) และ เซ็นเซอร์ตรวจจับความกดอากาศ (pressure) ซึ่งในระบบควบคุมรถนั้นต้องอาศัยการเก็บค่าตามแกน x y และ z ของเซ็นเซอร์สามแกนแล้วส่งเข้าไปประมวลผลที่ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ภายหลังจากที่ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่กับเซ็นเซอร์ประมวลผลเสร็จสิ้นจะสามารถส่งคำสั่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ติดอยู่กับตัวรถเพื่อควบคุมทิศทางของรถไปในทิศทางที่ผู้ใช้งานต้องการได้ โมดูลเซ็นเซอร์สามแกนแสดงดังรูปที่ 2.5



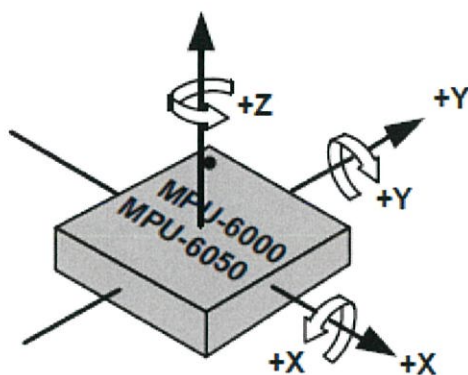
รูปที่ 2.5 โมดูลเซ็นเซอร์สามแกน GY-88

ระบบควบคุมรณันผู้จัดทำได้ศึกษาและใช้งานชิปสองตัว ได้แก่ ชิป MPU6050 เพื่ออ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer) และชิป HMC5883L เพื่ออ่านค่าทิศทาง (compass) ดังนั้นการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เข้าไมโครคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้งานได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ โดยศึกษาคุณสมบัติและค่าพารามิเตอร์ของชิปทั้งสองตัว ดังนี้

2.3.1 MPU6050

MPU6050 เป็นชิปที่ใช้งานเพื่อการอ่านค่าความเร่งในทิศทางตามแกน x y และ z จากเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่งเชิงเส้น (accelerometer) เพื่อส่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้บัส I2C เพื่อติดต่อระหว่างกัน แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลและตัดสินใจว่าเป็นคำสั่งใด เช่น คำสั่งที่ต้องการให้รถเดินทางหรือถอยหลัง เป็นต้น

เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer) คือ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น ความเร่งหรือการสั่นสะเทือน ใช้วัดความเร่งในระบบควบคุมตัวทำงานแบบเชิงเส้น เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว คือ เมื่อเอียงเครื่องไปทางซ้าย ขวา ข้างหน้า ข้างหลัง หรือกลับหัว จะเป็นการแสดงผลหน้าจอให้ตรงกับแนวแกนที่ถืออยู่ นอกจากนี้จะใช้วัดความเร่งเชิงเส้นยังเป็นตัวชี้ว่าอยู่ในสถานะนิ่งเฉย (static) หรือเคลื่อนไหวทันทีทันใดหรือหยุดทันทีทันใด (dynamic) ดังนั้น accelerometer จึงเป็นเซ็นเซอร์สำหรับบอกสถานะการเอียงได้ (tilt sensor) ในทั้ง 3 ทิศ สำหรับแกน x y และ z บนอุปกรณ์ใดๆ โดยการกำหนดทิศทางของแกนบนชิป MPU6050 นี้แสดงดังรูปที่ 2.6 และค่าพารามิเตอร์ของชิป MPU6050 แสดงดังตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.6 แกน x y และ z ที่กำหนด

ตารางที่ 2.3 ค่าพารามิเตอร์ของชิป MPU6050

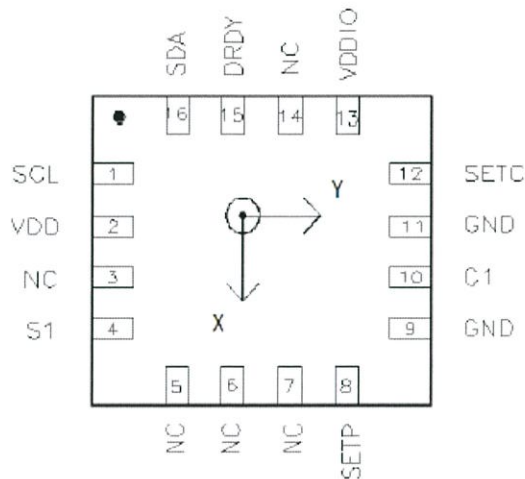
ค่าพารามิเตอร์	คุณสมบัติ
แหล่งจ่ายแรงดัน (VDD)	2.375V to 3.46V
ระดับแรงดันอินพุต VLOGIC (MPU-6050)	1.71V to VDD
REGOUT	-0.5V to 2V
ระดับแรงดันอินพุต (SCL, SDA)	-0.5V to VDD + 0.5V
Acceleration (Any Axis, unpowered)	10,000g for 0.2ms
อุณหภูมิที่ทำงานได้	-40°C to +105°C

2.3.2 HMC5883L

HMC5883L เป็นชิปที่ใช้งานเพื่อการอ่านค่าของแกน x y และ z จากเซ็นเซอร์ทำหน้าที่วัดมุมใช้งานเสมือนเข็มทิศ เพื่อส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลและตัดสินใจว่าเป็นคำสั่งใด เช่น คำสั่งที่ต้องการควบคุมทิศทางของรถให้เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา เป็นต้น

เข็มทิศดิจิทัล (digital compass) จะให้ค่าทิศทางเมื่อเทียบกับทิศเหนือของโลก หรือสามารถที่จะตั้งค่าของมุมหรือทิศทางอ้างอิงได้ ทำให้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับบอกหรือกำหนดทิศทางได้ โดยหลักการทำงานของเข็มทิศดิจิทัลนั้นจะอาศัยสนามแม่เหล็กโลกในการหาค่าของแกน x y และ z โดย Magnetic Concentrator จะรับและขยายกำลังของสนามแม่เหล็กแล้วแปลงให้เป็นขนาดของสนามแม่เหล็กใน 3 แกน คือ แกน x y และ z ซึ่งมันจะได้

ค่าของ 3 แกนนี้ในรูปแบบของแรงดันหรือออกมาในรูปแบบของสัญญาณแอนะล็อก หลังจากที่ได้ค่าออกมาเป็นสัญญาณแอนะล็อกแล้วทำการมัลติเพล็กซ์และจะทำการแซมปลิ่ง (sampling) เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นสัญญาณดิจิทัลที่ได้จะถูกนำมาประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รูปของ HMC5883L แสดงดังรูปที่ 2.7 และค่าพารามิเตอร์และคุณสมบัติของชิป HMC5883L แสดงดังตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.7 ภาพด้านบนของชิป HMC5883L

ตารางที่ 2.4 ค่าพารามิเตอร์ของชิป HMC5883L

ค่าพารามิเตอร์	คุณสมบัติ
แหล่งจ่ายแรงดัน (V)	1.71 - VDD+0.1
แอดเดรสของ I2C	7-bit address 0x1E 8-bit read address 0x3D 8-bit write address 0x3C
ความถี่ของสัญญาณ I2C	Controlled by I2C Master 400 kHz
อุณหภูมิที่ทำงานได้	-30 to 85 °C

รหัสควบคุมของ I2C BUS ประกอบด้วยรหัสประจำตัวของอุปกรณ์ (Device ID) ประกอบด้วยบิต 1 ถึง 7 ซึ่งผู้ใช้งานกำหนดเองได้ ใช้ในการระบุตัวอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส โดยที่จะมีค่าซ้ำกันไม่ได้ และบิต 0 เป็นบิตควบคุมการเขียนและอ่าน (mode) เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ให้กำหนดบิตนี้เป็น 0 และกำหนดเป็น 1 เมื่อต้องการอ่าน สิ่งสำคัญในการติดต่อบนบัส I2C คือ การสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น และในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูลเมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง สายข้อมูล SDA ต้องรักษาสถานะลอจิกไว้ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลง ไม่เช่นนั้นสัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับจะถูกแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.4.2 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I2C 5 สภาวะ

2.4.2.1 บัสว่าง สถานะลอจิกบน SDA และ SCL มีลอจิกสูงทั้งคู่แสดงถึงการสื่อสารข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

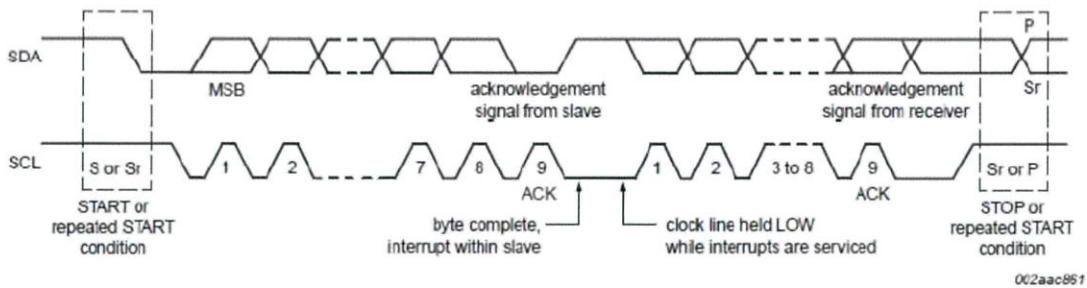
2.4.2.2 เริ่มต้นการรับส่งข้อมูล (Start Data Transfer) จะเกิดขึ้นเมื่อสาย SDA ได้เปลี่ยนแปลงลอจิกสูงไปต่ำ ในขณะที่ SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกว่าสภาวะเริ่มต้น (START)

2.4.2.3 ข้อมูลตำรงบนบัส (Data Valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นภายหลังสภาวะเริ่มต้น โดยที่สถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบน SDA จะเป็นข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสถานะบน SCL มีลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA จะต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับข้อมูลในจังหวะนั้นว่า เป็น 0 หรือ 1 ข้อมูลอาจเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อไรก็ตามที่ต้องการให้ถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่สาย SDA จะต้องคงที่ตลอดเวลาที่สาย SCL มีลอจิกสูง แต่หากมีการเปลี่ยนสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ควบคุมจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุด หรือ สภาวะเริ่มต้นนั่นเอง ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูล

2.4.2.4 สภาวะรับรู้ข้อมูล (Acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากการถ่ายทอดข้อมูลที่ได้จากเครื่องส่งมายังเครื่องรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยที่เครื่องส่งจะส่งข้อมูลมา 1 บิตคือ บิตรับรู้ (Acknowledge Bit) มีลอจิกสูงภายหลังการส่งข้อมูลมาครบถ้วน ในส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์นั้นจะส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณ clock อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างอิงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้ที่มีลอจิกต่ำเพื่อตอบสนองว่าได้รับข้อมูลแล้ว

2.4.2.5 สภาวะหยุด (stop data transfer) เกิดขึ้นเมื่อ SDA ได้เปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสถานะต่ำไปสูง ส่วน SCL มีลอจิกสูงเรียกสภาวะที่เกิดขึ้นว่า สภาวะหยุด (STOP)

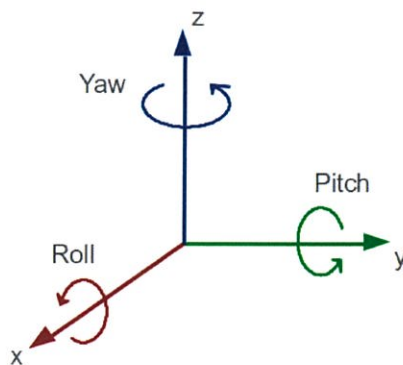
ลำดับการทำงานของ การสื่อสารบนบัส I2C แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ไตอะแกรมเวลาการสื่อสารข้อมูลบนบัส I2C

2.5 มุม Roll Pitch และ Yaw

หลังจากเซ็นเซอร์สามแกนส่งค่า x y และ z ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์โดยผ่านบัส I2C แล้วนั้น ผู้จัดทำจึงได้เขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลค่าและตัดสินใจว่าค่าที่ได้รับมานั้นเป็นคำสั่งใด เช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา เป็นต้น โดยใช้ค่าการหมุนรอบแกน x y และ z บนชิป MPU6050 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) ค่าที่ได้นั้นจะถูกนำมาประมวลผลและคำนวณโดยใช้ค่าความเร่งสามแกน เพื่อให้ทราบมุม roll pitch และ yaw ต่อไป แกน x y และ z ที่ใช้หาค่า roll pitch และ yaw แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แกนหาค่า roll pitch และ yaw

ชิป MPU6050 จะมีไลบรารี (library) ช่วยแปลงค่าสัญญาณแอนะล็อกที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความเร่งแล้วแปลงเป็นจำนวนเท่าของค่า G ($1 g = 9.81 \text{ m/s}^2$) จากนั้นสามารถคำนวณหาค่าความเร่งจากการอ่านค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์สามแกนได้ดังสมการที่ 2.1

$$G_{accel} = Raw_{accel} \times \frac{Range}{2^{resolution} - 1} \quad (2.1)$$

โดยที่	G_{accel}	คือ จำนวนเท่าของค่า g เช่น หากเป็น 1 มีค่า 9.81 m/s^2
	Raw_{accel}	คือ ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์
	$Range$	คือ ช่วงความไวของข้อมูล
	$2^{resolution}$	คือ ความละเอียดของข้อมูลที่กำหนด

เมื่อกำหนดหองค์ประกอบค่าความเร่งในแต่ละแกนได้แล้วจะสามารถคำนวณมุม pitch มุม roll และมุม yaw นั้นคือค่าที่อ่านได้จากเข็มทิศ สามารถหามุมได้ในหน่วยเรเดียนและองศา วิธีการคำนวณแสดงได้ ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3

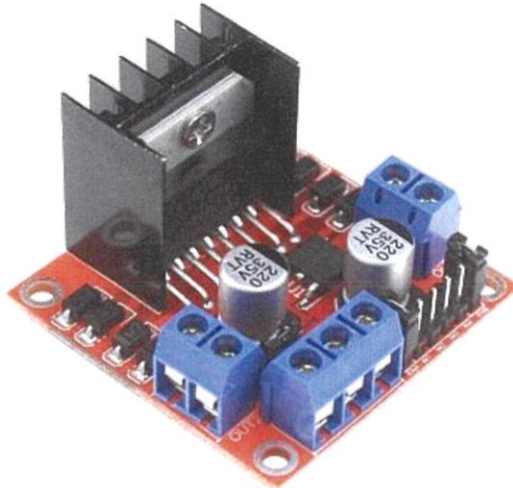
$$pitch = \tan^{-1} \left(\frac{G_x}{\sqrt{G_y^2 + G_z^2}} \right) \quad (2.2)$$

$$roll = \tan^{-1} \left(\frac{-G_x}{G_z} \right) \quad (2.3)$$

โดยที่	G_x	คือ ค่าที่อ่านได้ในแนวแกน x
	G_y	คือ ค่าที่อ่านได้ในแนวแกน y
	G_z	คือ ค่าที่อ่านได้ในแนวแกน z

2.6 การควบคุมมอเตอร์และโมดูล L298N

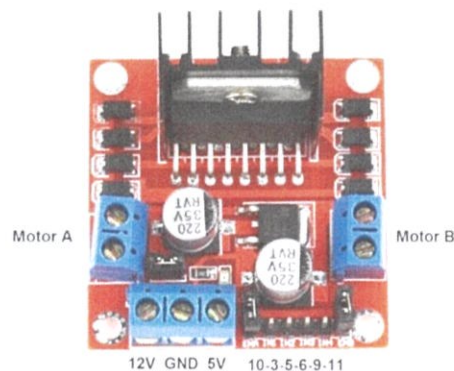
โมดูล L298N เป็นโมดูล H-bridge ควบคุมมอเตอร์เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ บังคับทิศทาง รวมถึงความเร็วของรถให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยใช้ GPIO จากไมโครคอมพิวเตอร์ให้ระดับลอจิก 1 และ 0 ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ช่องสัญญาณ โมดูล L298N แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โมดูล L298N

2.6.1 ขาการทำงานของ L298N

ขาของ L298N แสดงดังรูปที่ 2.12 และแต่ละพอร์ตมีรายละเอียดการทำงานตามตารางที่ 2.5 ดังนี้



รูปที่ 2.12 ขาการทำงานของ L298N

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของพอร์ตการทำงาน

พอร์ตการทำงาน	รายละเอียด
Out 1 มอเตอร์ A	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
Out 2 มอเตอร์ A	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
Out 3 มอเตอร์ B	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
Out 4 มอเตอร์ B	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
ENA (หมายเลข 10)	ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A
ENB (หมายเลข 11)	ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B
IN 1 (หมายเลข 3)	ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
IN 2 (หมายเลข 5)	ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
IN 3 (หมายเลข 6)	ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
IN 4 (หมายเลข 9)	ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
12V	ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12V (ต่อได้ตั้งแต่ 5V ถึง 35V)
5V	ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5V
GND	กราวด์ (Ground)

2.6.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

การใช้งานที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางเทคนิคในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติทางเทคนิค

คุณสมบัติ	ค่าที่รองรับการใช้งาน
แรงดันลอจิก	5V Drive voltage: 5V-35V
กระแสของสัญญาณลอจิก	0-36mA
กระแสขั้วมอเตอร์	สูงสุดที่ 2A (เมื่อใช้มอเตอร์เดียว)
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	25W
ขนาด/น้ำหนัก	43 x 43 x 26 มิลลิเมตร/26 กรัม

2.6.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

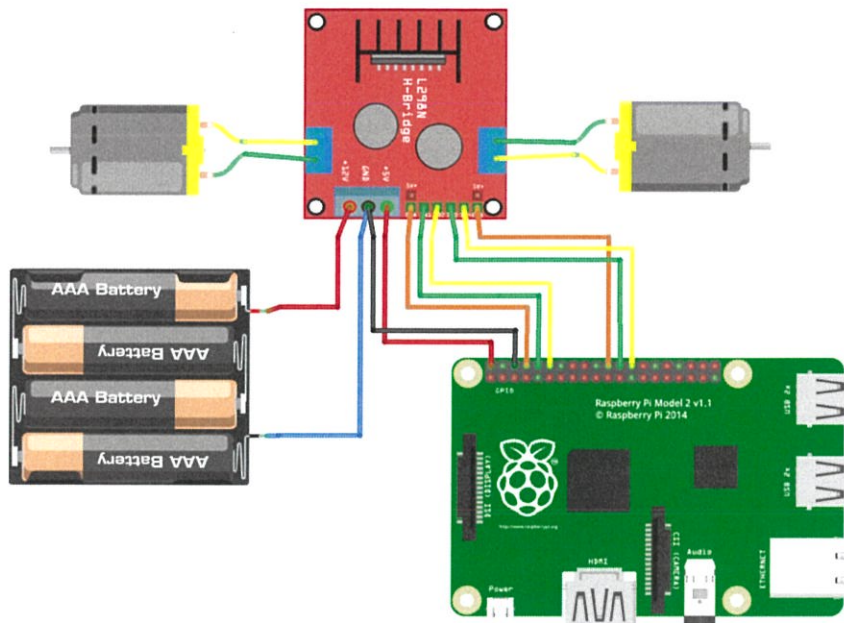
มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มีทั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้นั้นเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 2.13 เนื่องจากโมดูล L298N ที่ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับแหล่งจ่ายได้ไม่เกิน 35 โวลต์ เมื่อเลือกมอเตอร์จึงต้องสามารถรองรับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ในที่นี้คือถ่าน AA ขนาดไม่เกิน 6 โวลต์ โดยมอเตอร์มีหลักการทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปลงผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์ สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก สร้างขั้วเหนื่อใต้ขึ้นทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ทิศทางตรงจะหักล้างกัน ส่วนทิศทางเดียวกันจะเสริมกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์หมุนได้ ขณะที่อาร์มาเจอร์หมุนได้จะเรียกว่า โรเตอร์ แล้วจึงทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 2.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเข้ากับล้อ

2.6.4 การต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

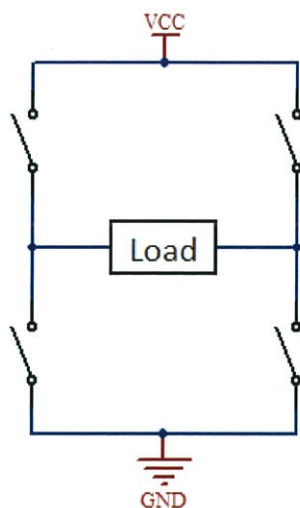
การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับโมดูล L298N เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่มอเตอร์และบังคับทิศทางของรถนั้น เริ่มจากการจ่ายแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่โมดูล L298N และต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับโมดูล หลังจากนั้นเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าที่ช่องต่อสัญญาณลอจิกและช่องต่อสัญญาณ PWM ของโมดูลเพื่อใช้ควบคุมมอเตอร์ทั้งทิศทาง การหมุนและความเร็ว แสดงตามแผนผังในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ร่วมกับ L298N

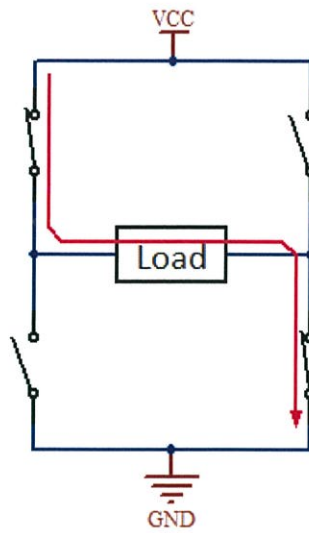
2.6.5 วงจร H-bridge

โดยทั่วไปการควบคุมมอเตอร์หรือการเคลื่อนไหวดังกล่าว เนื่องจากมอเตอร์นั้นต้องการกระแสไฟฟ้าที่สูงกว่าที่ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์จ่ายให้ จึงต้องมีทรานซิสเตอร์ MOSFET ที่สามารถขยายกระแสต่ำเพื่อให้กระแสสูงขึ้นได้และนำมาใช้ในการขับมอเตอร์ โดยพื้นฐานตัวขับมอเตอร์หรือตัวขยายกระแสที่นำสัญญาณกระแสไฟฟ้าต่ำให้กระแสสูงเป็นสัดส่วนเท่ากัน ในปริยญาณีพนธ์ใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์และบังคับทิศทางของมอเตอร์ให้หมุนไปทิศทางใดทิศทางหนึ่งที่ต้องการ การหมุนและหยุดมอเตอร์นั้นใช้สวิทซ์ตัวเดียวในการควบคุมในทิศทางเดียว หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางทำได้โดยการกลับขั้วแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้สวิทซ์ทั้ง 4 เรียงกันเพื่อให้มอเตอร์ทำงานนี้ แต่วงจรนี้ไม่เพียงแต่ขับมอเตอร์เท่านั้นแต่ยังควบคุมทิศทางของมอเตอร์ด้วย การออกแบบวงจรนี้ คือ รูปแบบของวงจร H-bridge ดังแสดงตามรูปที่ 2.15

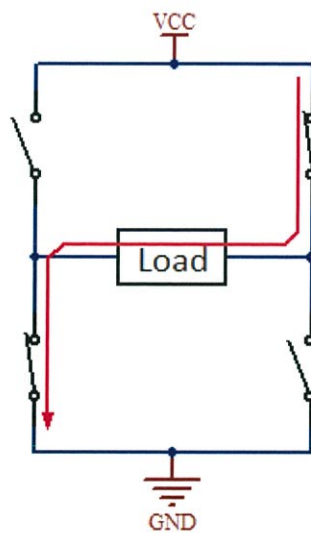


รูปที่ 2.15 วงจร H-bridge

ภายหลังการต่อโมดูล L298N ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ชิพของโมดูล L298N สามารถทำการควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยใช้ H-bridge switching จากทรานซิสเตอร์ภายใน ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติ cutoff และ saturation กล่าวคือสามารถควบคุมทรานซิสเตอร์ ประยุกต์ใช้งานเป็นสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ได้ โดยโครงสร้างแบบ H-bridge นั้นออกแบบมาเพื่อสลับ ขั้วแรงดันที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ ทำให้สามารถสลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ เช่น เมื่อสั่งคำสั่ง เดินหน้าหรือถอยหลัง มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางเดียวกันพร้อมกัน แต่หากต้องการเลี้ยวซ้าย มอเตอร์ข้างซ้ายจะหมุนไปด้านหลัง ส่วนมอเตอร์ข้างขวาก็จะหมุนทิศตรงกันข้าม เป็นต้น รูปที่ 2.16 แสดงการทำงานของมอเตอร์เมื่อมีการ ON สวิตช์แล้วทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับรูปที่ 2.17 จะแสดงการทำงานของมอเตอร์เมื่อมีการ ON สวิตช์แล้วทำให้ มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.16 การทำงานของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



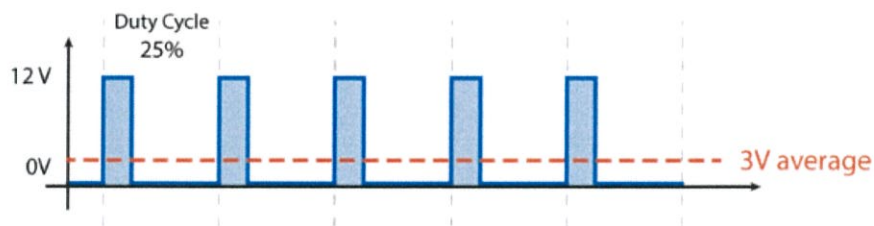
รูปที่ 2.17 การทำงานของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

2.7 หลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย PWM

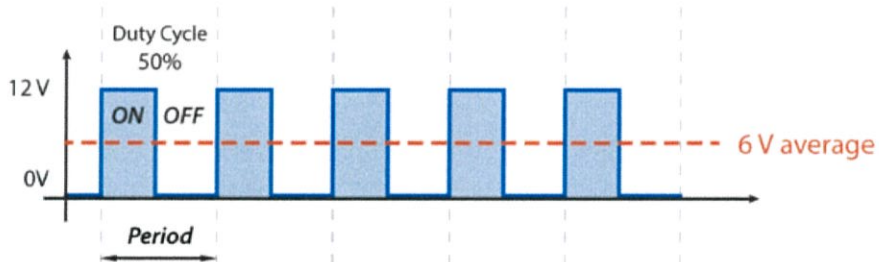
PWM (Pulse Width Modulation) เป็นเทคนิคในการปรับเปลี่ยนค่าแรงดันเฉลี่ยที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) โดยสามารถนำมาใช้เพื่อควบคุมอัตราเร็วของรถ

ซึ่งแรงดันเฉลี่ยที่กล่าวมานี้จะขึ้นกับค่าดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) ซึ่งดิวตี้ไซเคิล คือระยะเวลาที่สัญญาณมีสถานะเป็นลอจิกสูงเทียบกับคาบเวลาทั้งหมด

ในทางทฤษฎี เมื่อจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ แล้วรับดิวตี้ไซเคิลเป็น 25% จะมีแรงดันเฉลี่ยที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ 3 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 แต่หากปรับดิวตี้ไซเคิลเป็น 50% จะมีแรงดันเฉลี่ยที่จ่ายให้แก่มอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 6 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.19 มอเตอร์จะหมุนเร็วขึ้น ส่งผลให้ความเร็วของรถเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.18 ดิวตี้ไซเคิล 25% ที่แรงดัน 12 โวลต์



รูปที่ 2.19 ดิวตี้ไซเคิล 50% ที่แรงดัน 12 โวลต์

จึงสรุปได้ว่า เมื่อใช้งาน L298N ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การควบคุมเพื่อเปิดปิดสวิทซ์ทั้ง 4 สวิทซ์นั้นจะสามารถกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ โดยการต่อโมดูล L298N ต่อเข้ากับมอเตอร์สองตัวจะสามารถควบคุมล้อทั้งสองได้ ทำให้รถบังคับสามารถตอบสนองต่อคำสั่งเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถควบคุม PWM เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้

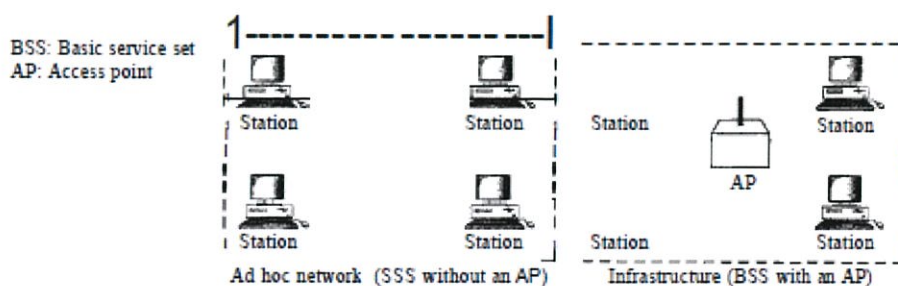
2.8 เทคโนโลยีแลนไร้สาย (WLAN)

ระบบควบคุมรถนี้ได้มีการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ 2 ตัวเพื่อความสะดวกในการควบคุมและรถบังคับสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในพื้นที่ที่ต้องการใช้งาน

เครือข่ายไร้สาย (Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่นำมาใช้แทนการเชื่อมต่อแบบใช้สายแบบเดิม โดยการส่งคลื่นย่านความถี่วิทยุ RF และคลื่นอินฟราเรดในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านช่องสัญญาณที่เป็นอากาศ สามารถทะลุกำแพง หรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ ได้โดยไม่ต้องมีการเดินสาย เหมาะสมกับการใช้งานในระบบควบคุมรถนี้ เนื่องจากในบางกรณีเมื่อพัฒนาโครงสร้างของรถให้มีความทนทานมากขึ้น และสามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก และนำสิ่งของเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้ การใช้งานในลักษณะเช่นนี้หากต้องมีการเดินสายอาจทำได้ยาก หรือการดำเนินการอาจเป็นไปได้ ดังนั้นการเชื่อมต่อแบบไร้สายจะมีประโยชน์ต่อการใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่ต้องมีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

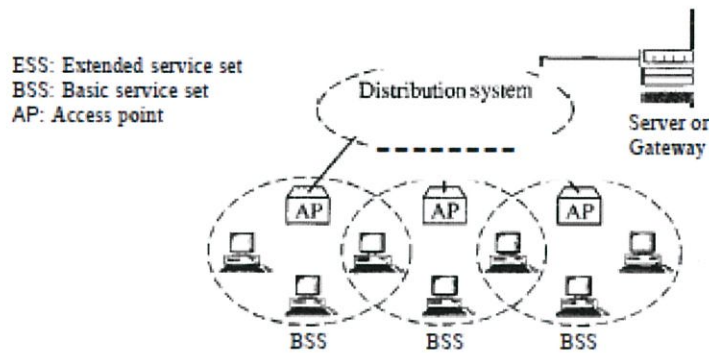
ในการสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์จะใช้ Wi-Fi ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยสถาปัตยกรรมของมาตรฐานนี้จะมีบริการ 2 ประเภท คือ BSS (basic service set) และ ESS (extended service set)

BSS บริการประเภทนี้จะเป็นได้ทั้งแบบมีและไม่มีสถานีแม่ข่าย โดยสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรับส่งข้อมูลกับสถานีอื่นๆ ซึ่งปกติผู้จัดทำจะเรียกว่าแอคเซสพอยต์ (Access Point: AP) ดังรูปที่ 2.20 ส่วน BSS ที่ไม่มีแอคเซสพอยต์นั้นแต่ละสถานีจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้เช่นกันแต่ไม่สามารถส่งข้อมูลไปยัง BSS อื่นๆ ได้ ซึ่งเรียกสถาปัตยกรรมแบบนี้ว่า Ad hoc architecture



รูปที่ 2.20 BSS

ESS เป็นบริการที่เกิดจากการรวมกันของ BSS ที่มีแอคเซสพอยต์ตั้งแต่ 2 BSS ขึ้นไป ซึ่งโดยปกติแล้วแต่ละ BSS จะนำแอคเซสพอยต์มาเชื่อมโยงกันโดยใช้สาย เรียกสถาปัตยกรรมแบบนี้ว่า infrastructure network ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ESS

ดังนั้น การเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยใช้แอคเซสพอยต์เดียวของการสร้างระบบควบคุมรถนี้ ถือเป็นแบบ BSS ซึ่งหากต้องการขยายพื้นที่ให้กว้างขึ้นและเชื่อมต่อให้มีจำนวนอุปกรณ์มากขึ้น สามารถขยายเป็น ESS โดยการเพิ่มแอคเซสพอยต์เข้าไปในระบบ

ข้อดีของระบบ WLAN

- ระบบ WLAN เป็นระบบการเชื่อมต่อแบบไร้สายจึงสะดวกในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง เนื่องจากไม่ต้องมีการเดินสาย

- ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในระยะยาว
- สามารถขยายเครือข่ายต่อไปได้ไม่จำกัด

ข้อเสียของระบบ WLAN

- มีอัตราการลดทอนของสัญญาณสูงจึงทำให้ส่งสัญญาณได้ในระยะสั้น
- ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนได้ง่าย
- การเข้าถึงช่องสัญญาณนั้นทำได้ง่ายกว่าแบบใช้สายจึงมีความปลอดภัยต่ำ

2.8.1 รูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย

2.8.1.1 Peer-to-Peer

รูปแบบการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้และขอใช้บริการจากเครื่องอื่นได้ เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการความเร็วหรือติดตั้งได้ง่าย

2.8.1.2 Client/Server

รูปแบบการเชื่อมต่อในลักษณะนี้มีการรับส่งข้อมูลโดยอาศัยแอคเซสพอยต์ (Access Point) ทำหน้าที่เหมือนสะพานที่เชื่อมต่อระหว่างเครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่าย โดยการกระจายคลื่นวิทยุเป็นรัศมีโดยรอบ เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับเครือข่ายไร้สายแบบเดิม สะดวกต่อการใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่

2.8.1.3 Multiple access point and roaming

เป็นการเพิ่มจุดติดตั้งของแอคเซสพอยต์ให้มากขึ้น เพื่อการรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่ได้อย่างครอบคลุม

2.8.1.4 Use of an Extension point

มีคุณสมบัติของแอคเซสพอยต์ แต่ไม่ผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย

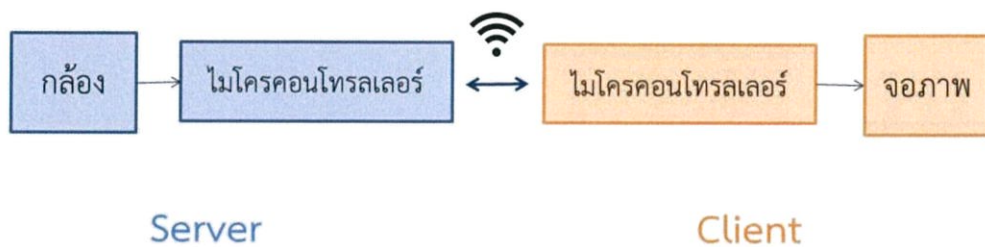
2.8.1.5 Use of Directional antennas

เครือข่ายแบบนี้เป็นการใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคารเพื่อรับและส่งสัญญาณระหว่างกัน

2.9 การทำงานของไคลเอนต์ เซิร์ฟเวอร์

การเชื่อมต่อเพื่อส่งภาพจากกล้องซึ่งติดตั้งอยู่ที่รถบังคับไปแสดงผลบนหน้าจอที่อยู่ออกไปนั้นอาศัยหลักการของการเขียนโปรแกรมซ็อกเก็ต เพื่อรับส่งไฟล์ทางเครือข่ายโดย ซ็อกเก็ตคือ การสื่อสารระหว่างโปรแกรมบนเครือข่ายและในการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อสื่อสารนั้นต้องใช้ซ็อกเก็ต API โดยต้องระบุถึงโปรแกรมผ่าน Port Number และที่อยู่ของเครื่องอีกเครื่องหนึ่งบนเครือข่ายด้วย IP Address การเชื่อมต่อนี้เป็นการรับส่งไฟล์ภาพผ่าน Raspberry Pi 3 สองตัวอาศัยการเชื่อมต่อแบบไร้สาย หลักการทำงานจะเป็นการทำงานบนระบบเครือข่ายซึ่งเป็นการใช้งานเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ โดยไคลเอนต์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไปร้องขอบริการหรือรับบริการอย่างใดอย่างหนึ่งจากเซิร์ฟเวอร์ และเซิร์ฟเวอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์หรือระบบปฏิบัติการหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

client/server คือ การที่มีเครื่องผู้ให้บริการ (server) และเครื่องผู้ใช้บริการ (client) เชื่อมต่อกันอยู่ และเครื่องผู้ใช้บริการได้มีการติดต่อร้องขอบริการจากเครื่องผู้ให้บริการ เครื่องผู้ให้บริการก็จะจัดการตามที่เครื่องผู้ขอใช้บริการร้องขอแล้วส่งข้อมูลกลับไปให้เครื่องข่ายแบบ client/server เหมาะกับระบบเครือข่ายที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายจำนวนมาก เพราะฉะนั้นเครื่องที่จะนำมาทำหน้าที่ให้บริการจะต้องเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากถูกต้องออกแบบมาเพื่อทนทานต่อความผิดพลาด (Fault Tolerance) และต้องคอยให้บริการทรัพยากรให้กับเครื่องลูกข่ายตลอดเวลา โดยเครื่องที่จะนำมาทำเป็นเซิร์ฟเวอร์อาจเป็น คอมพิวเตอร์แบบเมนเฟรม มินิคอมพิวเตอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ก็ได้ ในที่นี้เซิร์ฟเวอร์ คือ ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่กับกล้อง ส่วนไคลเอนต์ คือ ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่กับหน้าจอ ดังแสดงใน block diagram รูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 Block Diagram ของฝั่งเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์

2.9.1 ซ็อกเก็ต (socket)

ซ็อกเก็ตจะเป็นจุดที่จะให้โพรเซสแต่ละตัวติดต่อสื่อสารกัน ดังนั้นเมื่อโพรเซสต้องการสื่อสารกันต้องกระทำโดยผ่านซ็อกเก็ต โครงสร้างของซ็อกเก็ตจะถูกกำหนดเอาไว้แล้วโดยระบบปฏิบัติการ โครงสร้างอย่างง่ายของซ็อกเก็ตซึ่งมีอยู่ 5 ฟิลด์ ดังนี้

2.9.1.1 Family เป็นฟิลด์ที่ใช้สำหรับกำหนดกลุ่มของโปรโตคอล เช่น IPv4, IPv6 หรือ UNIX เป็นต้น

2.9.1.2 Type เป็นฟิลด์ที่ใช้สำหรับกำหนดชนิดของซ็อกเก็ตซึ่งประกอบไปด้วย stream socket, datagram socket หรือ raw socket

2.9.1.3 Protocol ปกติฟิลด์นี้จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 สำหรับโปรโตคอล TCP/UDP

2.9.1.4 Local socket address เป็นฟิลด์ที่ใช้ในการเก็บค่าของไอพีแอดเดรสและหมายเลขพอร์ตของไคลเอนต์

2.9.1.5 Remote socket address เป็นฟิลด์ที่ใช้สำหรับเก็บค่าไอพีแอดเดรสและหมายเลขพอร์ตของเซิร์ฟเวอร์

2.9.2 UDP และ TCP

ในการสื่อสารของระบบนั้นมีการรับส่งข้อมูลภาพกันระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งทางฝั่งส่งซึ่งติดอยู่กับรถบังคับและไมโครคอมพิวเตอร์ทางฝั่งรับซึ่งติดอยู่กับหน้าจอแสดงผล ในการเชื่อมต่อจึงต้องอาศัยโปรโตคอลในชั้นทรานสปอร์ตเลเยอร์เข้ามาใช้งาน โดยการรับและส่งคำสั่งจากเซ็นเซอร์ระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์สองเครื่องเพื่อควบคุมรถบังคับจะใช้โปรโตคอล UDP ส่วนการรับและส่งภาพจากกล้องหน้ารถบังคับระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์สองเครื่องจะใช้โปรโตคอล TCP รายละเอียดของแต่ละโปรโตคอล มีดังนี้

UDP (User Datagram Protocol) เป็นโปรโตคอลในชั้นทรานสปอร์ตเลเยอร์ที่มีการเชื่อมต่อแบบ connectionless และไม่รับประกันความถูกต้องของข้อมูล กล่าวคือ UDP เป็นโปรโตคอลที่มี overhead น้อย การรับส่งข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องมีความถูกต้องมากนักจึงเหมาะสมกับโปรโตคอลนี้ รวมไปถึงเหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับโปรแกรมประเภทมัลติมีเดียและมัลติคาสต์ติง (Multicasting) ด้วย

User Datagram เป็นแพ็กเก็ตของ UDP ซึ่งมีขนาดของ header 8 ไบต์ และประกอบด้วยฟิลด์ ดังนี้

2.9.2.1 Source port number ขนาด 16 บิต เป็นหมายเลขพอร์ตที่ถูกใช้โดยโพรเซสที่โฮสต์ต้นทาง

2.9.2.2 Destination port number ขนาด 16 บิต เป็นหมายเลขพอร์ตที่ถูกใช้โดยโพรเซสที่โฮสต์ปลายทาง

2.9.2.3 Length ขนาด 16 บิต ใช้บอกขนาดของ user datagram

2.9.2.4 Checksum ขนาด 16 บิต สำหรับใช้เก็บค่าในการตรวจสอบความถูกต้องของ user datagram แต่ฟิลด์นี้สามารถเลือกที่จะใช้หรือไม่ก็ได้

TCP (Transmission Control Protocol) เป็นโปรโตคอลในชั้นทรานสปอร์ตเลเยอร์ที่มีการเชื่อมต่อแบบ connection-oriented และรับประกันความถูกต้องของข้อมูล จึงมีคุณสมบัติให้บริการไอพี (IP) โดย TCP จะใช้หมายเลขพอร์ตเป็นเสมือนแอดเดรสที่ใช้ในชั้นทรานสปอร์ต

เช่นเดียวกับ UDP ซึ่ง TCP จะให้บริการกับโพรเซสที่อยู่ในชั้นแอปพลิเคชันเลเยอร์ (Application layer) ดังนี้

บริการส่งข้อมูลเป็นสตรีม (Stream Delivery Service)

การส่งแพ็กเก็ตของ TCP นั้นต่างกับ UDP เนื่องจาก UDP จะแบ่งแพ็กเก็ตออกเป็นแพ็กเก็ตย่อยๆ เรียกว่า ดาต้าแกรม แล้วให้ไอพี (IP) เป็นโปรโตคอลส่งดาต้าแกรมนี้โดยส่งออกไปไม่ต้องมีการติดต่อกันก่อน ดาต้าแกรมจะเป็นอิสระต่อกัน แต่ TCP จะมีการติดต่อรหว่างโพรเซสทั้งสองก่อนเสมือนว่ามีท่อใช้ลำเลียงข้อมูล แล้วจึงรับส่งข้อมูลเป็นสตรีม (stream) หรือเป็นไบต์ต่อเนื่องกันไป

บัฟเฟอร์ของการรับและส่งข้อมูล

โพรเซสในการรับส่งข้อมูลอาจมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่ไม่เท่ากัน ดังนั้น TCP จึงต้องมีบัฟเฟอร์ (buffer) เพื่อช่วยเก็บข้อมูล มี 2 บัฟเฟอร์ คือ เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับหนึ่งบัฟเฟอร์และอีกบัฟเฟอร์หนึ่งใช้สำหรับส่งข้อมูล การใช้งานบัฟเฟอร์นี้จะช่วยแก้ปัญหาในเรื่องอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลที่ไม่เท่ากันได้

บริการส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)

เนื่องจาก TCP จะรับส่งข้อมูลโดยมีบัฟเฟอร์ที่แยกออกจากกัน ทำให้สามารถรับข้อมูลและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)

บริการ connection-oriented

TCP เป็นโปรโตคอลแบบ connection-oriented ไม่ใช่การเชื่อมต่อกันทางกายภาพอย่างเช่นการเชื่อมต่อด้วยสายระหว่างสองโพรเซส แต่เป็นการเชื่อมต่อแบบเสมือน (virtual connection) ก่อนทำการรับส่งข้อมูลระหว่างโพรเซส

บริการรับประกันความถูกต้องของข้อมูล

TCP เป็นโปรโตคอลที่รับประกันความถูกต้องของข้อมูล มีการใช้การตอบรับกลับ (acknowledgement) กล่าวคือ มีการควบคุมความถูกต้องในการส่งข้อมูล จะมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของเซกเมนต์ การสูญหายของเซกเมนต์ การไม่เรียงลำดับของเซกเมนต์ และการตรวจสอบเซกเมนต์ที่ซ้ำกัน ก่อนที่จะส่งข้อมูลให้กับแอปพลิเคชันเลเยอร์ต่อไป

โดยกลไกของการติดต่อด้วย TCP นั้นจะต้องมีการสร้างเส้นทางเสมือนในบริการ connection-oriented ในเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทางก่อนซึ่งกระบวนการสื่อสารของ TCP จะอธิบายได้เป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการการสร้างการติดต่อและกระบวนการการยกเลิก

การติดต่อ ในกระบวนการสร้างการติดต่อจะส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ มีการติดต่อที่เรียกว่า three-way handshake ภายหลังส่งและรับข้อมูลแล้วจึงมีกระบวนการยกเลิกการติดต่อ

2.9.3 ภาษา HTML

ในการรับภาพเคลื่อนไหวซึ่งแสดงผลภาพที่บันทึกได้จากกล้องหน้ารถนั้น หลังจากที่ไม่โครคอมพิวเตอร์ตัวหนึ่งรับภาพจะส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งแล้วทำการแสดงผลทางหน้าจอ การเชื่อมต่อและสื่อสารได้อาศัยการเชื่อมต่อแบบไร้สายและใช้หลักของโคลเอนต์ และเซิร์ฟเวอร์ โดยภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกได้จะส่งโดยโคลเอนต์ และมีเซิร์ฟเวอร์รับข้อมูลมาแล้วจึงแสดงขึ้นบนจอ LCD ภาษาที่ใช้ในการดึงข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่ได้รับมาแสดงนั้นใช้ภาษา HTML

ภาษา HTML (Hyper Text Markup Language) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารบนเว็บไซต์ ถูกพัฒนาและกำหนดมาตรฐานโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) โดยสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตัวอักษร รวมทั้งเชื่อมต่อเพื่อแสดงภาพเสียง และไฟล์ในรูปแบบอื่นๆ

ภาษา HTML จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของคำสั่ง (tag) เป็นส่วนที่กำหนดรูปแบบของข้อความที่แสดง และส่วนของบทความต่างๆไป เป็นส่วนของข้อความที่ผู้จัดทำต้องการแสดงผลโดยผู้จัดทำจะเป็นผู้เขียนโปรแกรม

โครงสร้างหลักของภาษา HTML จะเริ่มด้วยคำสั่ง <html> และปิดด้วยคำสั่ง </html> เสมอ ซึ่งชุดคำสั่งที่ใช้จะแยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

2.9.3.1 Head ในคำสั่งนี้จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับเว็บเพจ (webpage) แต่จะไม่แสดงข้อมูลอยู่บนเว็บเพจโดยตรง และในส่วนนี้จะใช้อธิบายข้อมูลเฉพาะต่างๆ ของเว็บนั้น เช่น ชื่อเรื่อง ชื่อผู้จัดทำ และคีย์เวิร์ด (keyword) สำหรับการค้นหา เป็นต้น

2.9.3.2 Body ในคำสั่งนี้จะให้รายละเอียด รวมถึงจัดการเกี่ยวกับข้อมูลซึ่งแสดงที่เว็บเพจโดยตรง และในส่วนนี้จะเป็นส่วนเนื้อหาหลักของเว็บเพจ ซึ่งการแสดงผลจะต้องใช้ Tag จำนวนมาก ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง และภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

ส่วนเนื้อหาเอกสารเว็บ เป็นส่วนการทำงานหลักของหน้าเว็บ ประกอบด้วย Tag มากมายตามลักษณะของข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ การป้อนคำสั่งในส่วนนี้ไม่มีข้อจำกัดโดยสามารถป้อนติดกัน หรือ 1 บรรทัดต่อ 1 คำสั่งก็ได้ขึ้นกับความต้องการของผู้จัดทำ แต่มักจะยึดรูปแบบที่สามารถอ่าน ทำความเข้าใจ และแก้ไขได้สะดวกโดยการทำย่อหน้าในชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกัน ทั้งนี้ให้

ป้อนคำสั่งทั้งหมดภายใต้ Tag <BODY> </BODY> และสามารถแบ่งกลุ่มคำสั่งเป็นกลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับการจัดรูปแบบเอกสาร กลุ่มคำสั่งจัดแต่งหรือควบคุมรูปแบบตัวอักษร กลุ่มคำสั่งการทำเอกสารแบบรายการ (List) กลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับการทำลิงค์ กลุ่มคำสั่งจัดการรูปภาพ กลุ่มคำสั่งจัดการตาราง (Table) กลุ่มคำสั่งควบคุมเฟรม และกลุ่มคำสั่งอื่นๆ

การเขียนเว็บเพจเพื่อใช้แสดงผลข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่รับมาจากไมโครคอมพิวเตอร์นั้นจะช่วยให้สามารถแสดงผลได้แบบเรียลไทม์และสามารถรับข้อมูลภาพเคลื่อนไหวเพื่อแสดงผลบนอุปกรณ์หลายอุปกรณ์พร้อมกันได้

2.10 อัตราการใช้ไฟฟ้า (Power Consumption)

ระบบควบคุมรถที่ได้ออกแบบมานั้นประกอบด้วยอุปกรณ์หลายอุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์มีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน จึงต้องมีการคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์โดยพิจารณาระบบที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของเว้นซึ่งสวมศีรษะผู้ใช้งาน และการใช้ไฟฟ้าของชุดอุปกรณ์ที่ติดกับรถบังคับ

2.10.1 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (Lithium Polymer)

แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์หรือที่นิยมเรียกว่า Li-Po เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าแบบ Nickel Cadmium (NiCd) ประมาณ 350% และน้ำหนักเบากว่า 10-20%

2.10.1.1 การคำนวณค่าความจุ (Capacity)

ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ระบุ 900 mAh battery 25C หมายความว่า แบตเตอรี่นี้มีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ที่ $900 \text{ mAh} \times 22,500 \text{ mA} = 22.5 \text{ A}$

2.10.2 การใช้ไฟฟ้าของแวนซึ่งสวมศีรษะผู้ใช้งาน

$$\text{อายุการใช้งานแบตเตอรี่} = \frac{\text{ความจุของแบตเตอรี่} \times 0.7}{\text{กระแสที่โหลดใช้งาน}} \quad (2.4)$$

โดยที่

- ค่าอายุการใช้งานแบตเตอรี่ ในหน่วยชั่วโมง
- ความจุของแบตเตอรี่ ในหน่วยมิลลิแอมแปร์ต่อชั่วโมง
- กระแสที่โหลดใช้งาน ในหน่วยมิลลิแอมแปร์
- 0.7 คือ ค่าคงที่จากปัจจัยภายนอกซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่

ตัวอย่าง การพิจารณาชุดอุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับหน้าจอ LCD โดยใช้แหล่งจ่ายขนาด 3,800 mAh โดยไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 ใช้กระแส 240 mA จากสมการคำนวณที่ 2.4

จากสมการและทำการคำนวณ จะพบว่าในทางทฤษฎีระยะเวลาในการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ได้ใช้งานได้ทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง 48 นาที

2.10.3 การใช้ไฟฟ้าของชุดอุปกรณ์ที่ติดกับรถบังคับ

ตัวอย่าง การพิจารณาชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนตัวรถโดยทำการแยกแหล่งจ่ายออกเป็น 2 แหล่ง คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่กล้องซึ่งต่อเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่โมดูล L298N ซึ่งต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.10.3.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่กล้องซึ่งต่อเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์

แหล่งจ่ายไฟฟ้านี้ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพาวเวอร์แบงค์ (Power Bank) ขนาดความจุ 5,000 mAh โดยที่กล้องใช้กระแส 500 mA และไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 ใช้กระแส 240 mA จากสมการคำนวณที่ 2.4

จากสมการและทำการคำนวณ จะพบว่าระยะเวลาในการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ได้จากพาวเวอร์แบงค์ใช้งานได้ทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง 43 นาที

2.10.3.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่โมดูล L298N ซึ่งต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ถ่าน AA จำนวน 4 ก้อน แรงดันไฟฟ้ารวม 6 โวลต์ โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ลักษณะนี้ ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นจะขึ้นกับโหลดว่ามีการใช้กระแสมากหรือน้อยเพียงใด จึงทำการทดสอบโดยการเปิดใช้งานมอเตอร์ให้ใช้งานจนแรงดันไฟฟ้าตกลงเป็นศูนย์โวลต์

การคำนวณในทางทฤษฎีเพื่อคำนวณหาอัตราการใช้ไฟฟ้าของชุดอุปกรณ์ทั้งในส่วนแสดงผลภาพและส่วนควบคุมนั้น บอกได้ถึงระยะเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่ของระบบ ผู้จัดทำจะทราบว่าหากต้องการใช้งานในระยะเวลาหนึ่งจะต้องจัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟฟ้าเท่าใดจึงจะเพียงพอ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบระบบควบคุมรถบังคับเพื่อใช้งานต่อไป

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างระบบควบคุมซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแสดงผลภาพที่ได้จากกล้องหน้ารถ และส่วนของการควบคุมทิศทางของรถโดยอาศัยเซ็นเซอร์สามแกนเพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบ

ในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมนี้มีจุดประสงค์ คือ สามารถสั่งงานผ่านระบบไร้สายเพื่อควบคุมรถ รวมถึงบันทึกภาพจากกล้องหน้ารถและส่งภาพกลับมาอย่างถูกต้องในระยะเวลารัศมี 30 เมตร โดยการออกแบบจะกำหนดพื้นที่และคุณลักษณะที่ต้องการดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะที่ต้องการใช้งาน

คุณลักษณะ	ค่าที่กำหนด
อุณหภูมิการทำงาน	20 - 28 องศาเซลเซียส
ระยะเวลาในการทำงาน	50 นาที
ระยะทางการสื่อสาร	ครอบคลุมรัศมี 30 เมตร
ความละเอียดของภาพ	800x480 พิกเซล
น้ำหนัก	น้อยกว่า 2 กิโลกรัม

สาเหตุการออกแบบและกำหนดคุณลักษณะดังกล่าว สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. อุณหภูมิที่ต้องการใช้งานระบบอยู่ที่อุณหภูมิห้อง
2. ระยะเวลาในการทำงานตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดรวมระยะเวลาอย่างน้อยประมาณ 50 นาที
3. ระยะทางการเชื่อมต่อเพื่อแสดงผลภาพเคลื่อนไหวโดยการสื่อสารแบบไร้สายระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์สองตัว รวมถึงการควบคุมทิศทางของรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกนการทำงานจะต้องสามารถสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้และควบคุมทิศทางรถเคลื่อนที่ได้ถูกต้องครอบคลุมรัศมี 30 เมตร

4. ความละเอียดของภาพที่ได้ควรเป็นความละเอียดภาพสูงสุดของกล้องและหน้าจอ LCD ที่สามารถแสดงผลได้ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว โดยข้อมูลที่ทำให้การรับส่งจะต้องมีความต่อเนื่อง เพื่อนำไปแสดงผลภาพที่ใช้งานร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์

5. ควรมีน้ำหนักเบาและขนาดเล็กเพื่อความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก

3.1.1 การออกแบบตัวรถ

รถบังคับที่ได้ออกแบบเพื่อใช้งานในระบบแสดงดังรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

3.1.1.1 โครงสร้างของรถทำจากแผ่นอะคริลิกเพื่อให้มีน้ำหนักเบา

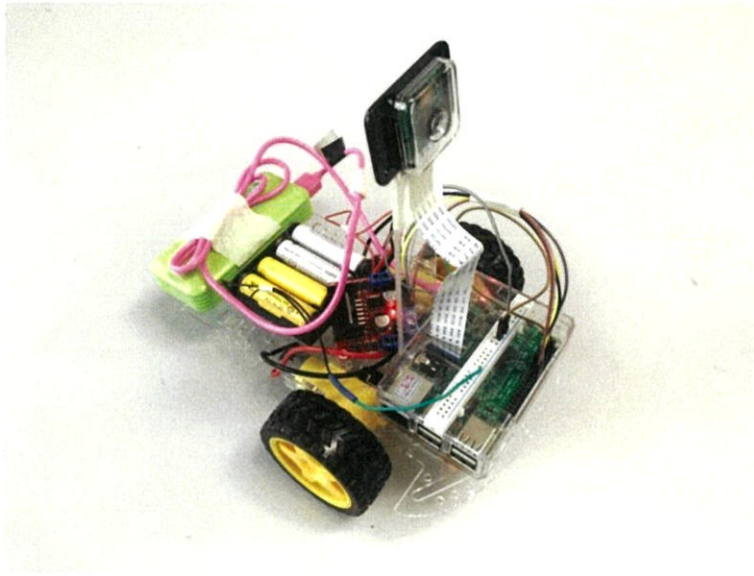
3.1.1.2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) และขับเคลื่อน 2 ล้อ

3.1.1.3 ใช้ถ่าน Li-Po AA แรงดันไฟรวม 6 โวลต์เป็นแหล่งพลังงานให้กับมอเตอร์และโมดูล L298N

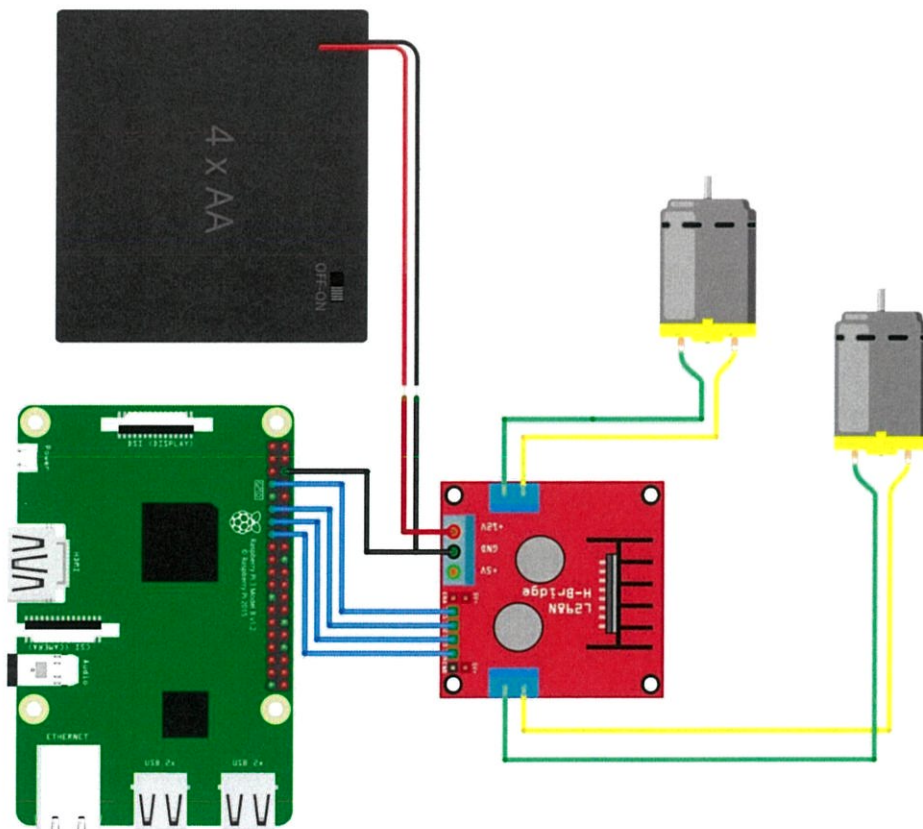
3.1.1.4 ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Raspberry Pi 3 Model B เพื่อเชื่อมต่อแบบไร้สายได้ โดยมีพาวเวอร์แบงค์เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5V และ 2.1A

3.1.1.5 ติดกล้องบริเวณหน้ารถเพื่อบันทึกภาพแบบเรียลไทม์และส่งข้อมูลจาก Raspberry Pi 3 ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปแสดงผลยังหน้าจอ LCD ด้วยโปรโตคอล HTTP

ภายหลังการออกแบบและจัดเตรียมอุปกรณ์จึงทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าด้วยกัน โดยกล้องจะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพาวเวอร์แบงค์ (Power Bank) แล้วต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์เข้าที่พอร์ต 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) ด้วยสายแพ ส่วนวงจรที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ทำการเชื่อมต่อตามวงจรในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 รถบังคับที่ได้ออกแบบ



รูปที่ 3.2 การต่อวงจรในส่วนควบคุม

การเชื่อมต่อและสั่งงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ในการต่อร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ขา IN1 IN2 IN3 และ IN4 นั้นจะต่อกับพอร์ตดิจิทัลเพื่อใช้ในการควบคุมสัญญาณลอจิกบอทิศทางให้กับมอเตอร์ ส่วน ENA และ ENB นั้นจำเป็นที่จะต้องต่อกับพอร์ตดิจิทัลที่รองรับ PWM เนื่องจากจะต้องใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในการสั่งงาน L298N ให้ควบคุมมอเตอร์นั้นจะแบ่งขาออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ ENA IN1 IN2 และ ENB IN3 IN4

ENA ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ A

ใช้คำสั่ง GPIO.PWM (พอร์ตที่ต่อขา ENA , กำหนดความเร็วมอเตอร์ 0-100);

IN1, IN2 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A

ใช้คำสั่ง GPIO.OUTPUT (พอร์ตที่ต่อขา IN1, IN2 , กำหนดสถานะ HIGH , LOW);

ENB ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ B

ใช้คำสั่ง GPIO.PWM (พอร์ตที่ต่อขา ENB , กำหนดความเร็วมอเตอร์ 0-100);

IN3, IN4 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B

ใช้คำสั่ง GPIO.OUTPUT (พอร์ตที่ต่อขา IN3, IN4 , กำหนดสถานะ HIGH , LOW);

โดยสั่งงานควบคุมมอเตอร์ A และมอเตอร์ B เพื่อบังคับทิศทางของรถดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 ตารางการทำงานของมอเตอร์ A

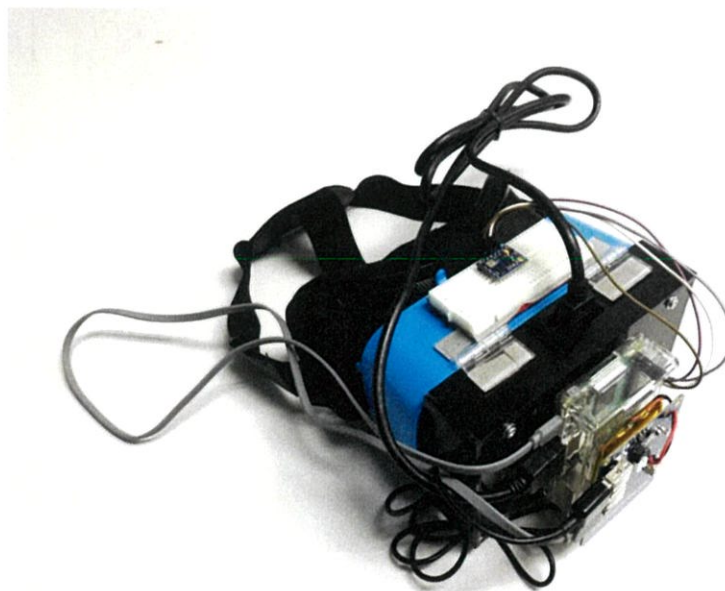
ENA	IN1	IN2	คำอธิบาย
0	N/A	N/A	มอเตอร์ A ไม่ทำงาน
0	LOW	LOW	มอเตอร์ A หยุดการทำงานแบบหมุนอิสระ (แบบไม่เบรค)
0 - 100	LOW	HIGH	มอเตอร์ A ทำงานและหมุนกลับหลังด้วยความเร็วที่ ENA
0 - 100	HIGH	LOW	มอเตอร์ A ทำงานและหมุนเดินหน้าด้วยความเร็วที่ ENA
0	HIGH	HIGH	มอเตอร์ A หยุดการทำงานแบบทันที (แบบเบรค)

ตารางที่ 3.3 ตารางการทำงานของมอเตอร์ B

ENB	IN3	IN4	คำอธิบาย
0	N/A	N/A	มอเตอร์ B ไม่ทำงาน
0	LOW	LOW	มอเตอร์ B หยุดการทำงานแบบหมุนอิสระ (แบบไม่เบรค)
0 - 100	LOW	HIGH	มอเตอร์ B ทำงานและหมุนกลับหลังด้วยความเร็วที่ ENA
0 - 100	HIGH	LOW	มอเตอร์ B ทำงานและหมุนเดินหน้าด้วยความเร็วที่ ENA
0	HIGH	HIGH	มอเตอร์ B หยุดการทำงานแบบทันที (แบบเบรค)

3.1.2 การออกแบบแว่นสวมศีรษะ

แว่นที่สวมกับศีรษะของผู้ใช้งานเพื่อใช้ในการแสดงภาพที่รับมาและส่งคำสั่งในการควบคุมนั้น จะประกอบไปด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 Model B ที่ใช้รับภาพมาแสดงผลบนหน้าจอ LCD รวมถึงส่งคำสั่งจากเซ็นเซอร์ GY-88 ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 อีกตัวหนึ่ง และแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่ชุดอุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดอยู่กับแว่น แว่นที่ได้ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.3 การออกแบบคำนึงถึงความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเพื่อใช้งานในพื้นที่ต่างๆ จึงเลือกใช้การเชื่อมต่อและสื่อสารในรูปแบบเครือข่ายไร้สาย



รูปที่ 3.3 แว่นสวมศีรษะผู้ใช้งาน

3.1.3 การออกแบบแหล่งพลังงาน

การพิจารณาระบบ ออกแบบ และคำนวณแหล่งจ่ายไฟฟ้า ใช้เป็นแหล่งพลังงานของระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกน เพื่อให้ได้มาซึ่งระยะเวลาในการทำงานที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งานและระบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการพิจารณาระบบนี้จะแบ่งชุดอุปกรณ์ออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับแว่น และชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับรถบังคับ ชุดอุปกรณ์แต่ละชุดจะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าแยกกันและมีความจุที่ต่างกันขึ้นกับความเหมาะสม เช่น ระยะเวลา น้ำหนัก และความปลอดภัยในการใช้งาน

3.1.3.1 แหล่งพลังงานที่ใช้กับชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับแว่น

เป็นแหล่งจ่ายที่จ่ายไฟฟ้าให้แก่ชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 เซ็นเซอร์ GY-88 และจอ 5 inch HDMI LCD V2 โดยแหล่งจ่ายนี้จะต้องมีน้ำหนักที่ไม่หนักมากและขนาดที่ไม่ใหญ่มากนักเนื่องจากจะต้องกับแว่นซึ่งสวมศีรษะของผู้ใช้งาน แต่จะต้องเพียงพอต่อการจ่ายให้ชุดอุปกรณ์ทั้งชุด

โดยชุดอุปกรณ์ที่ใช้แต่ละอุปกรณ์มีการใช้กระแส ดังนี้

ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 ใช้กระแสไฟฟ้า 290 mA (ในกรณีใช้เล่นวิดีโอ)

เซ็นเซอร์ GY-88 ใช้กระแสไฟฟ้า 3.9 mA

จอ 5 inch HDMI LCD V2 ใช้กระแสไฟฟ้า 200 mA

จากการคำนวณดังสมการที่ 2.4 หากต้องการใช้งาน 30 นาที จะต้องใช้แหล่งจ่ายอย่างน้อย 352.79 mAh

3.1.3.2 แหล่งพลังงานที่ติดอยู่กับรถบังคับ

แหล่งพลังงานที่ติดอยู่กับรถบังคับจะแบ่งได้เป็น 2 แหล่งจ่ายย่อย คือ แหล่งจ่ายให้กับโมดูลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์และแหล่งจ่ายให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์ เนื่องจากหากมีการรวมแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อมอเตอร์ทำงานจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์ตกลงจากแรงดันที่ใช้งานอยู่เดิมซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ ผู้จัดทำจึงได้ทำการแยกแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกเป็น 2 แหล่ง ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

1. แหล่งจ่ายให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์และกล้อง

แหล่งจ่ายนี้จะถูกใช้งานกับชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 และกล้อง Raspberry Pi Rev 1.3

โดยชุดอุปกรณ์ที่ใช้แต่ละอุปกรณ์มีการใช้กระแส ดังนี้

ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 ใช้กระแสไฟฟ้า 350 mA (ในกรณีใช้บันทึกวิดีโอ)

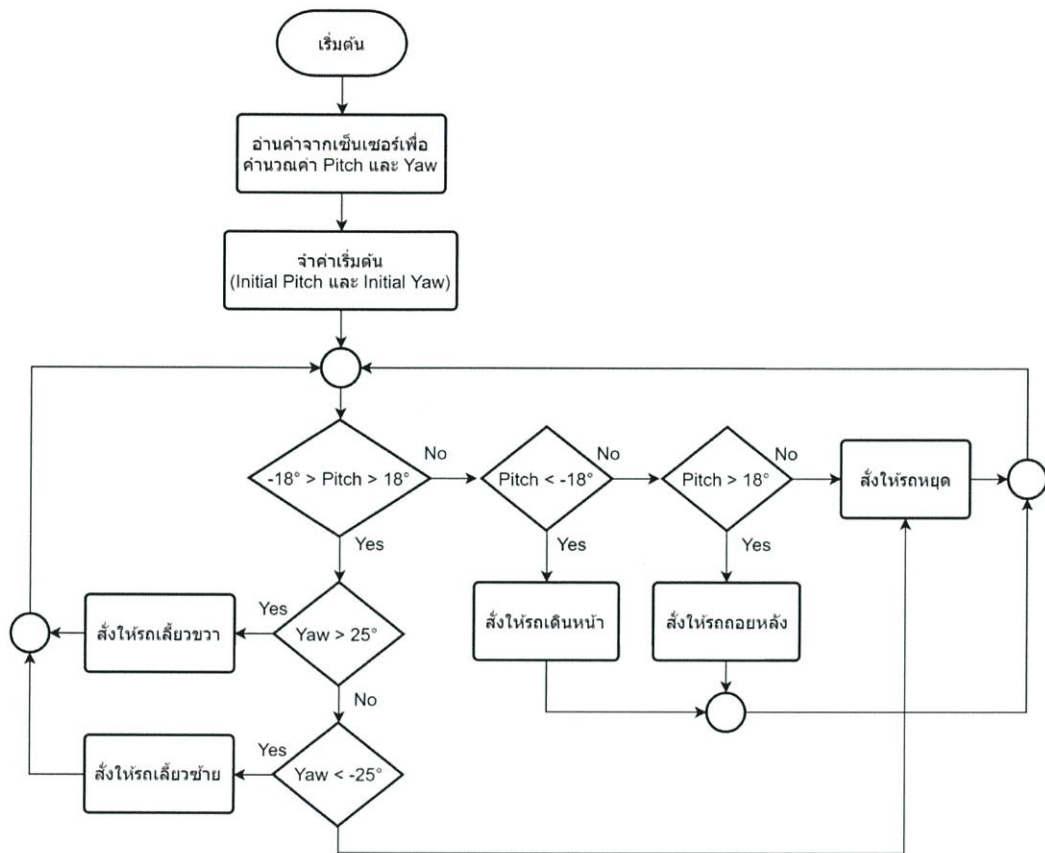
กล้อง Raspberry Pi Rev 1.3 ใช้กระแสไฟฟ้า 250 mA

จากการคำนวณดังสมการที่ 2.4 หากต้องการใช้งาน 30 นาที จะต้องใช้แหล่งจ่ายอย่างน้อย 428.57 mAh

2. แหล่งจ่ายให้กับโมดูลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์

แหล่งจ่ายนี้จะถูกใช้งานกับชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 มอเตอร์ ผู้จัดทำออกแบบให้ใช้ถ่าน AA ขนาดแรงดันไฟฟ้า 1.2 โวลต์ จำนวน 4 ก้อน เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่าความจุและระยะเวลาที่ใช้งานของแหล่งจ่ายชนิดนี้ขึ้นอยู่กับโหลดแต่ละประเภท ซึ่งเมื่อมอเตอร์มีการเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา ความเร็วจะต่างกัน อัตราการใช้กระแสจะไม่เท่ากันทำให้ระยะเวลาที่ใช้งานในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน จึงต้องทำการทดลองจริงและหาค่าประมาณให้สามารถใช้งานได้ 30 นาที ตามที่ต้องการ

3.1.4 Flow Chart การทำงานของคำสั่งเพื่อใช้ควบคุมรถ

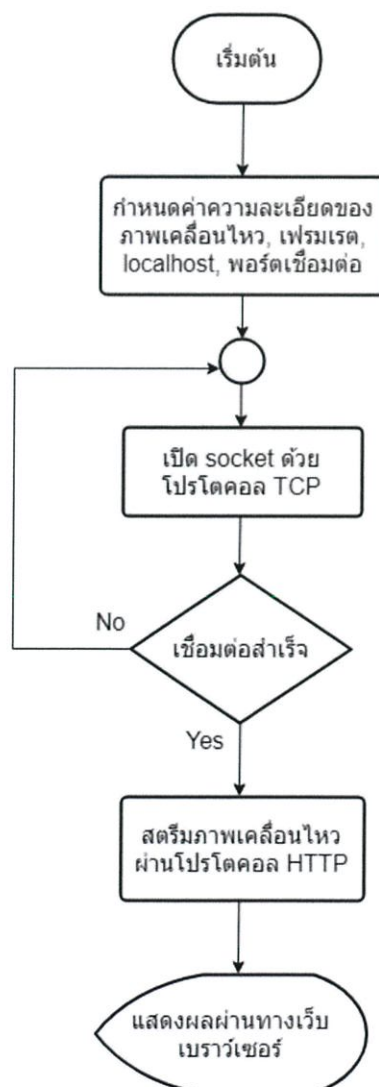


การออกแบบการทำงานเพื่อใช้ควบคุมรถนั้น เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานจะทำการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ MPU6050 และ เซ็นเซอร์ HMC5883L เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่า Pitch และค่า Yaw จากนั้นจะบันทึกเป็นค่าเริ่มต้น คือ Initial Pitch และ Initial Yaw เพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่า Pitch และค่า Yaw ปัจจุบัน ซึ่งมาจากการเคลื่อนไหวศีรษะ โดยค่า Pitch และค่า Yaw ปัจจุบันจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับตรงตามเงื่อนไขการควบคุมรถ โดยรถจะเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขการควบคุมรถ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเคลื่อนที่ของรถด้วยค่าจากเซ็นเซอร์ที่มาจาก การเคลื่อนไหวศีรษะ

การเคลื่อนไหวศีรษะ	ค่าจากเซ็นเซอร์	การเคลื่อนที่ของรถ
หน้าตรง	$-18^\circ < \text{Pitch} < 18^\circ$	สั่งให้รถอยู่กับที่
ก้มศีรษะ	$\text{Pitch} < -18^\circ$	สั่งให้รถเดินหน้า
เงยศีรษะ	$\text{Pitch} > 18^\circ$	สั่งให้รถถอยหลัง
หันศีรษะไปทางซ้าย	$\text{Yaw} < -25^\circ$	สั่งให้รถเลี้ยวซ้าย
หันศีรษะไปทางขวา	$\text{Yaw} > 25^\circ$	สั่งให้รถเลี้ยวขวา

3.1.5 Flow Chart การทำงานของการรับและส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหว



ในส่วนของการออกแบบการทำงานการรับ-ส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหวนั้นจะเริ่มต้นโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ตั้งค่าความละเอียดของภาพเคลื่อนไหวอยู่ที่ 383x460 ตั้งค่าเฟรมเรตอยู่ที่ 24 fps ตั้งค่าเอาต์พุตของภาพเคลื่อนไหวให้อยู่ในรูปแบบ mjpeg เป็นต้น จากนั้นก็การเปิดซ็อกเก็ต โดยใช้โปรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol) จากนั้นจะทำการสตรีมภาพเคลื่อนไหวผ่านโปรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) จากนั้นทำการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ โดยการออกแบบการเขียนเว็บนั้น จะออกแบบให้การสตรีมภาพเคลื่อนไหวแบ่งเป็น 2 หน้าจอเพื่อให้รองรับเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- Raspberry Pi 3 Model B
- กล้อง Raspberry Pi Rev 1.3 V2
- จอ 5 inch HDMI LCD V2
- เซ็นเซอร์ GY-88
- โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N H-Bridge
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและล้อ
- ถ่าน AA
- Power Bank
- Access Point

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 ทดสอบการรับส่งภาพจากกล้องหน้ารถ

ผู้จัดทำได้ทำการส่งและรับข้อมูลภาพเคลื่อนไหวระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์สองตัว โดยนำภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกได้จากกล้องด้านหน้ารถส่งไปแสดงผลบนหน้าจอที่ติดอยู่กับแว่น เพื่อทดสอบความเร็วและความล่าช้าของภาพเคลื่อนไหวในกรณีที่ต้องการใช้งานแบบเรียลไทม์

3.3.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับ

ทดสอบการเคลื่อนที่เมื่อรถบังคับเคลื่อนที่ในทิศทางต่างๆกัน ได้แก่ เดินหน้าตรง ถอยหลังตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ว่ามีความถูกต้องมากหรือน้อยเพียงใด จัดเก็บผลการทดสอบความถูกต้องตามคำสั่งของทิศทางการเคลื่อนที่ในทิศทางต่างๆกัน รวมถึงมุมที่เอียงไปจากเดิมจากแนวเดินหน้าตรง และการเคลื่อนที่ของรถบังคับในกรณีที่มีสิ่งกีดขวางหรือในพื้นที่จำกัด

3.3.3 ทดสอบการใช้ไฟฟ้าของระบบ

ทดสอบและจัดเก็บผลการทดสอบระยะเวลาในการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องกัน เปรียบเทียบกับการคำนวณในเชิงทฤษฎีของระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกนทั้งใน 2 ชุดอุปกรณ์ซึ่งแยกกันเป็น 2 ส่วน อันได้แก่ แหล่งจ่ายที่จ่ายให้แก่รถบังคับและแหล่งจ่ายที่จ่ายให้ แวนซึ่งสวมศีรษะผู้ใช้งาน โดยทำการทดสอบระยะเวลาการใช้งานของทั้ง 3 แหล่งจ่ายย่อย คือ แหล่งพลังงานที่ใช้กับชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับแวน แหล่งจ่ายให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์และกล้อง และ แหล่งจ่ายให้กับโมดูลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ภายหลังจากการออกแบบระบบและจัดทำระบบแล้วนั้นในบทที่ 4 นี้ได้ทำการจัดเก็บผลการทดสอบระบบควบคุมรถด้วยเซ็นเซอร์ 3 แกนที่ได้จัดทำขึ้นมา ซึ่งแบ่งการจัดเก็บผลการทดสอบออกตามการใช้งานในด้านต่างๆ ได้แก่ การรับส่งภาพจากกล้องหน้ารถ การเคลื่อนที่ของรถบังคับ และการใช้ไฟฟ้าโดยภาพรวมของระบบ

4.1 ผลการทดสอบการรับส่งภาพจากกล้องหน้ารถ

ภาพเคลื่อนไหวจากกล้องด้านหน้าของรถบังคับจะถูกส่งภาพเข้าไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่กับรถบังคับและส่งข้อมูลภาพนั้นผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังไมโครคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งที่ติดอยู่กับแว่นซึ่งมีหน้าจอ LCD แสดงผลภาพที่รับมาได้ให้แก่ผู้ใช้งานดังรูปที่ 4.1 โดยทำการเก็บผลการทดสอบความเร็วและความล่าช้าของภาพในกรณีที่ต้องการใช้งานแบบเรียลไทม์



รูปที่ 4.1 ผลภาพจากหน้าจอ LCD ที่ติดตั้งอยู่บนแว่น

จากการทดลองวัดค่าดีเลย์ในการสตรีมภาพเคลื่อนไหว โดยจะนำนาฬิกาจับเวลามาไว้บริเวณด้านหน้าของกล้องซึ่งติดอยู่กับรถบังคับ เพื่อที่จะสตรีมนาฬิกาจับเวลานี้ขึ้นเว็บเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นจะเก็บภาพเวลาปัจจุบันกับเวลาที่แสดงบนเว็บเบราว์เซอร์มาเทียบหาระยะเวลาที่ดีเลย์ต่อไปจากรูปที่ 4.2 เวลาปัจจุบันอยู่ที่ 09:00:940 และเวลาที่แสดงบนเว็บเบราว์เซอร์อยู่ที่ 09:00:340 ซึ่ง

จะอ่านได้เป็น นาที:วินาที:มิลลิวินาที เมื่อนำเวลาปัจจุบันลบกับเวลาที่สตรีมภาพเคลื่อนไหวจะได้ค่าที่เฉลี่ยอยู่ที่ 170 มิลลิวินาที ซึ่งต่อมาผู้จัดทำได้ทดลองเช่นเดียวกับที่ผ่านมารวมทั้งหมด 15 ครั้ง ทุกๆ 1 นาที รวมเป็นระยะเวลา 15 นาที ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบเวลาที่ถูกส่งไปสตรีมกับเวลาปัจจุบัน

ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาที่เฉลี่ยทั้งหมด 15 ครั้ง

ครั้งที่ทดลอง	เวลาปัจจุบัน (นาที:วินาที:มิลลิวินาที)	เวลาที่แสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ (นาที:วินาที:มิลลิวินาที)	ระยะเวลาที่เฉลี่ย (มิลลิวินาที)
1	01:00:720	01:00:230	490
2	02:00:520	02:00:030	490
3	03:00:520	03:00:320	200
4	04:01:000	04:00:270	730
5	05:00:500	05:00:180	320
6	06:00:830	06:00:320	510
7	07:01:120	07:00:740	380

8	08:00:770	08:00:050	720
9	09:00:940	09:00:340	600
10	10:00:780	10:00:180	600
11	11:00:710	11:00:030	680
12	12:00:730	12:00:250	480
13	13:00:670	13:00:300	370
14	14:00:260	14:00:030	230
15	15:00:880	15:00:380	500
		ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ดีเลย	487

จากตารางที่ 4.1 ได้ทำการทดลองทั้งหมด 15 ครั้ง จะได้ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ดีเลย 487 มิลลิวินาที ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานจริงนั้นพบว่าการที่ดีเลย 487 มิลลิวินาที ที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลกระทบต่อการควบคุมรถบังคับ

4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับ

เมื่อผู้ใช้งานสั่งงานเซ็นเซอร์ GY-88 โดยการก้มหน้า เงยหน้า หันซ้าย หรือหันขวา ค่าจากเซ็นเซอร์ที่ได้มาจะส่งค่า x y และ z ที่รับได้ไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ให้ประมวลผล ตัดสินใจแปลงเป็นคำสั่ง และส่งคำสั่งเพื่อบังคับทิศทาง การเคลื่อนที่ของรถบังคับไปยังไมโครคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งซึ่งติดอยู่กับรถบังคับ เพื่อให้ไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องนี้สั่งงานควบคุมโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์และล้อ ผู้จัดทำจึงได้จัดเก็บผลการทดสอบเมื่อรถบังคับเดินทางตรง และจัดเก็บผลการทดสอบเมื่อรถบังคับเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางและมีพื้นที่ที่จำกัด

4.2.1 ผลการทดสอบเมื่อรถบังคับเดินทางตรง

ทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับในสนามจำลองระยะทางความยาว 360 เซนติเมตร ความกว้าง 120 เซนติเมตร โดยผู้ใช้งานสั่งคำสั่งให้เดินทางตรงแล้ววัดมุมที่เอียงไปจากแนวเส้นตรงเดิมในหน่วยองศา โดยทำการทดสอบ 3 ครั้งแล้วเก็บผลค่ามุมที่รถบังคับได้เอียงไปจากเดิม ดังแสดงในรูปที่ 4.3 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

พิจารณาวัดมุมของสามเหลี่ยมมุมฉากโดยการวัดพื้นที่ที่ทำการทดสอบเทียบกับรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เพื่อหามุมในหน่วยองศา ดังนี้

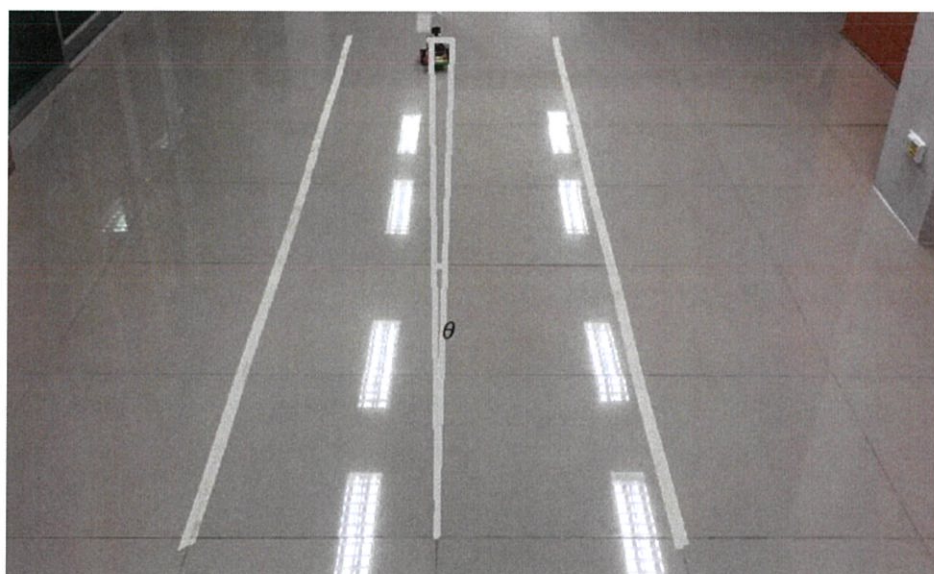
จากสมการตรีโกณมิติที่ 4.1

$$\cos \theta = \frac{a}{b} \quad (4.1)$$

โดยที่ θ คือ มุมในหน่วยองศา

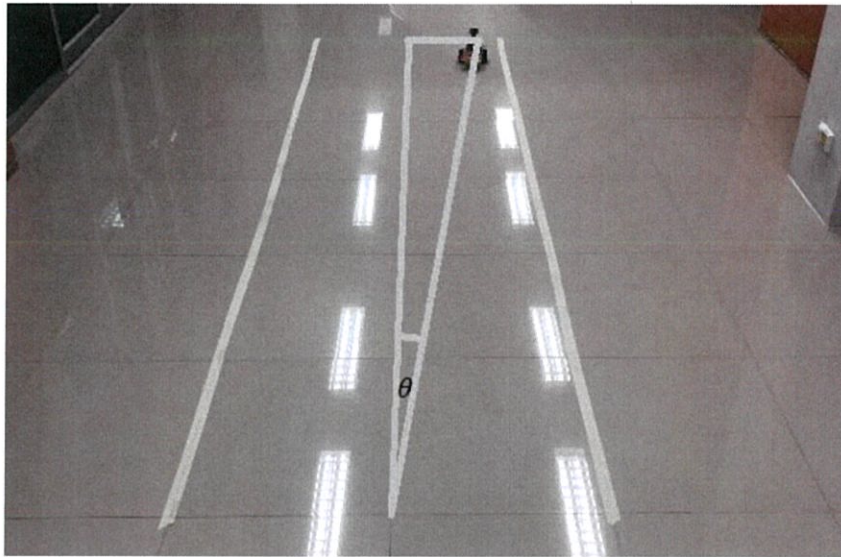
a คือ ด้านประชิดมุมในหน่วยเซนติเมตร

b คือ ด้านตรงข้ามมุมฉากในหน่วยเซนติเมตร



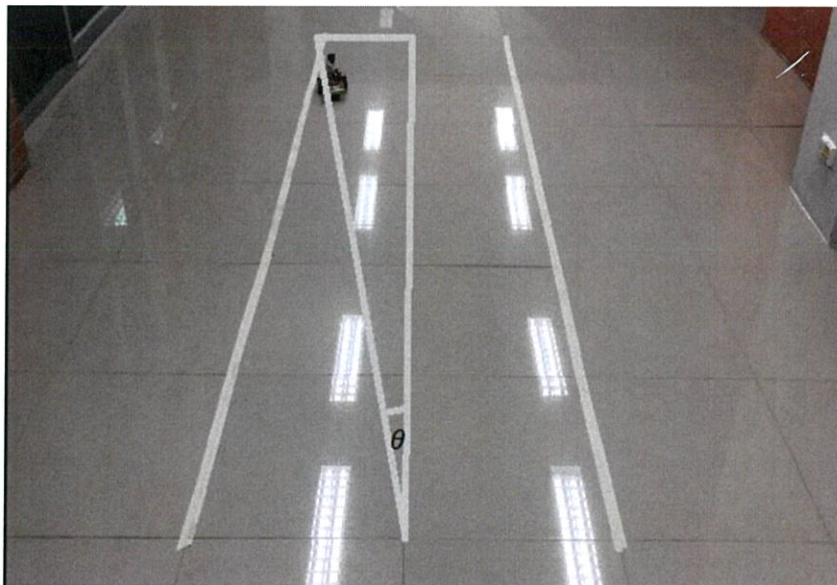
รูปที่ 4.3 มุมที่เอียงไปประมาณ 4.27 องศา

จากรูปที่ 4.3 หามุมที่เอียงไปจากแนวเส้นตรง โดยการวัดด้านตรงข้ามมุมฉากมีความยาว 361 เซนติเมตร ด้านประชิดมุมมีความยาว 360 เซนติเมตร คำนวณหามุมโดยใช้สูตรตรีโกณมิติ พบว่ามุมที่รถบังคับเอียงไปมีค่าประมาณ 4.27 องศา



รูปที่ 4.4 มุมที่เอียงไปประมาณ 9.49 องศา

จากรูปที่ 4.4 หามุมที่เอียงไปจากแนวเส้นตรง โดยการวัดด้านตรงข้ามมุมฉากมีความยาว 365 เซนติเมตร ด้านประชิดมุมมีความยาว 360 เซนติเมตร คำนวณหามุมโดยใช้สูตรตรีโกณมิติ พบว่ามุมที่รถบังคับเอียงไปมีค่าประมาณ 9.49 องศา

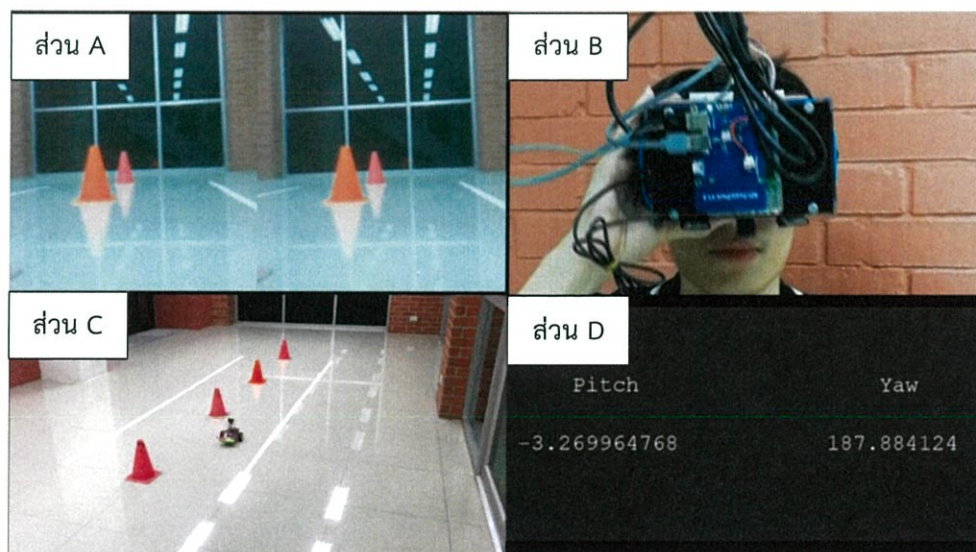


รูปที่ 4.5 มุมที่เอียงไปประมาณ 10.39 องศา

จากรูปที่ 4.5 หามุมที่เอียงไปจากแนวเส้นตรง โดยการวัดด้านตรงข้ามมุมฉากมีความยาว 366 เซนติเมตร ด้านประชิดมุมมีความยาว 360 เซนติเมตร คำนวณหามุมโดยใช้สูตรตรีโกณมิติพบว่ามุมที่รถบังคับเอียงไปมีค่าประมาณ 10.39 องศา

4.2.2 ผลการทดสอบเมื่อรถบังคับเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่มีกีดขวางและมีพื้นที่ที่จำกัด

ผู้จัดทำได้ทำการจำลองสนามระยะทางความยาว 420 เซนติเมตร ความกว้าง 120 เซนติเมตร วางกรวย 4 กรวยเรียงห่างกัน 120 เซนติเมตร เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับ เช่น เดินหน้าตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา เป็นต้น รูปที่ 4.6 ถึง รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วน A แสดงภาพบนจอ LCD ที่ได้รับจากกล้องหน้ารถ ส่วน B แสดงการบังคับทิศทางของผู้ใช้งาน โดยการเคลื่อนไหวศีรษะ ส่วน C แสดงภาพรวมการเคลื่อนที่ของรถบังคับในสนามที่จำลองขึ้น และส่วน D แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้รับจากเซ็นเซอร์สามแกน ได้แก่ ค่า Pitch และค่า Yaw โดยค่า Pitch เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการเดินหน้า ถอยหลัง และหยุด ส่วนค่า Yaw เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา



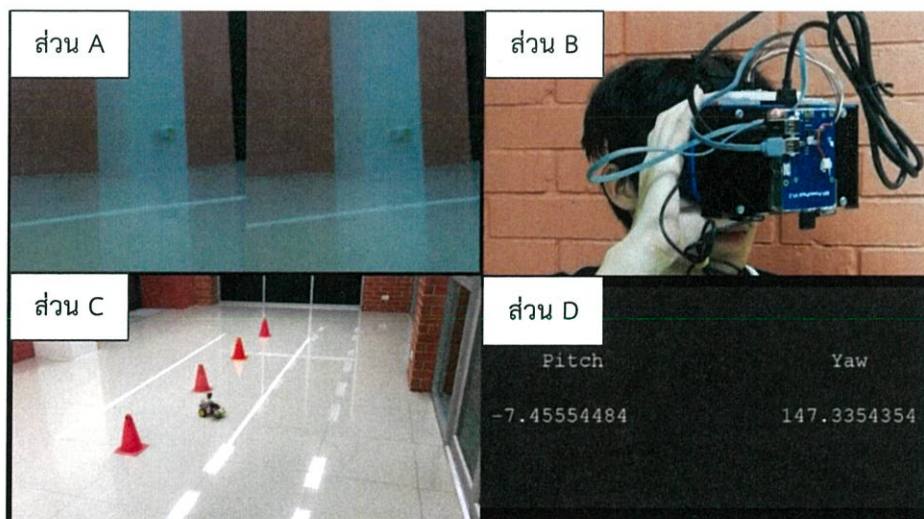
รูปที่ 4.6 การกำหนดค่าเริ่มต้น

จากรูปที่ 4.6 ผลการทดสอบเพื่อแสดงการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่า Pitch และค่า Yaw โดยค่า Pitch จะมีค่าใกล้เคียงศูนย์ และในการทดสอบนี้ค่า Yaw จะมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 187.88 องศา



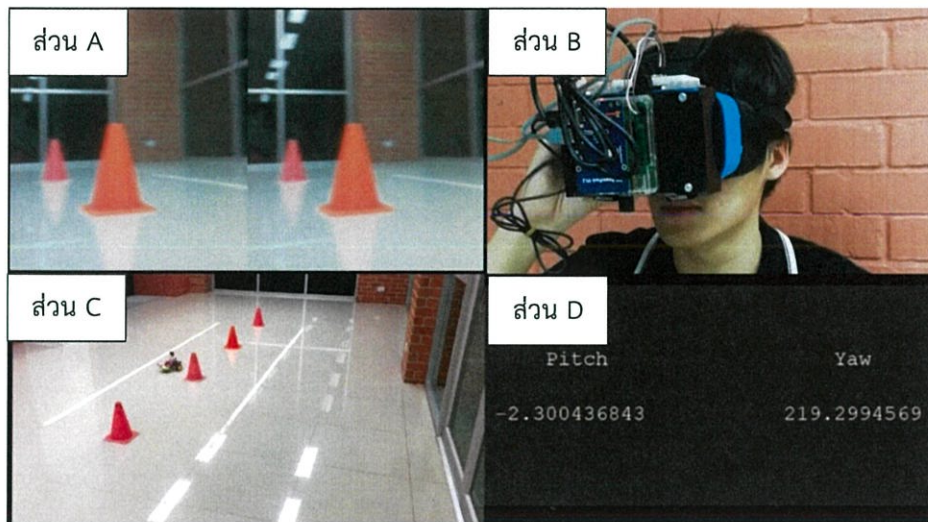
รูปที่ 4.7 คำสั่งเดินหน้า

จากรูปที่ 4.7 ผลการทดสอบเมื่อผู้ใช้ต้องการควบคุมให้รถบังคับเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยผู้ใช้งานจะทำการก้มศีรษะด้วยค่า Pitch ที่เปลี่ยนไปมากกว่า 18 องศา และค่า Yaw อยู่ในช่วงค่า 188.88 ± 25 องศา



รูปที่ 4.8 คำสั่งเลี้ยวซ้าย

จากรูปที่ 4.8 ผลการทดสอบเมื่อผู้ใช้งานต้องการควบคุมให้รถบังคับเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยผู้ใช้งานจะทำการหันศีรษะไปทางด้านซ้ายด้วยค่า Pitch ที่อยู่ในช่วง $-18 < \text{Pitch} < 18$ องศา และค่า Yaw ที่เปลี่ยนไปมีค่ามากกว่า 25 องศา



รูปที่ 4.9 คำสั่งเลี้ยวขวา

จากรูปที่ 4.9 ผลการทดสอบเมื่อผู้ใช้งานต้องการควบคุมให้รถบังคับเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยผู้ใช้งานจะทำการหันศีรษะไปทางด้านขวาด้วยค่า Pitch ที่อยู่ในช่วง $-18 < \text{Pitch} < 18$ องศา และค่า Yaw ที่เปลี่ยนไปมีค่าน้อยกว่า -25 องศา

4.3 ผลการทดสอบการใช้ไฟฟ้าของระบบ

ระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ชุดอุปกรณ์ ได้แก่ แหล่งจ่ายที่จ่ายให้แก่รถบังคับและแหล่งจ่ายที่จ่ายให้แก่แวนซึ่งสวมศีรษะผู้ใช้งาน โดยทำการทดสอบและจัดเก็บผลการทดสอบเมื่อใช้งานจริงของระยะเวลาการใช้งานของแหล่งจ่ายทั้ง 3 แหล่งจ่ายย่อย คือ แหล่งพลังงานที่ใช้กับชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับแวน แหล่งจ่ายให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์และกล้อง และแหล่งจ่ายให้แก่โมดูลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์

4.3.1 แหล่งพลังงานที่ใช้กับชุดอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับแวน

พิจารณาชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 เซ็นเซอร์ GY-88 และจอ 5 inch HDMI LCD V2 โดยอุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์มีการใช้กระแสไฟฟ้าต่างกัน ดังนี้ ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 ใช้กระแสไฟฟ้า 290 mA (ในกรณีใช้เล่นวิดีโอ)

เซ็นเซอร์ GY-88 ใช้กระแสไฟฟ้า 3.9 mA

จอ 5 inch HDMI LCD V2 ใช้กระแสไฟฟ้า 200 mA

เมื่อผู้ใช้งานใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3,800 mAh แทนค่าและคำนวณตามสมการที่ 2.4 พบว่าระยะเวลาที่แบตเตอรี่ใช้งานได้ประมาณ 5 ชั่วโมง 23 นาที

4.3.2 แหล่งจ่ายให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์และกล้อง

พิจารณาชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 3 และกล้อง โดยอุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์มีการใช้กระแสไฟฟ้าต่างกัน ดังนี้

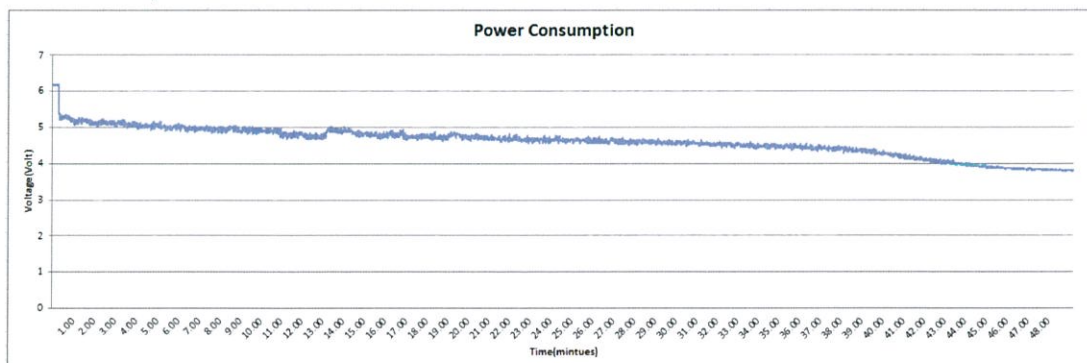
Raspberry Pi 3 ใช้กระแสไฟฟ้า 350 mA (ในกรณีใช้บันทึกวิดีโอ)

กล้อง Raspberry Pi Rev 1.3 ใช้กระแสไฟฟ้า 250 mA

เมื่อผู้ใช้งานใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า 5,000 mA แทนค่าและคำนวณตามสมการที่ 2.4 พบว่าระยะเวลาที่พาวเวอร์แบงก์ใช้งานได้ประมาณ 5 ชั่วโมง 50 นาที

4.3.3 แหล่งจ่ายให้กับโมดูลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์

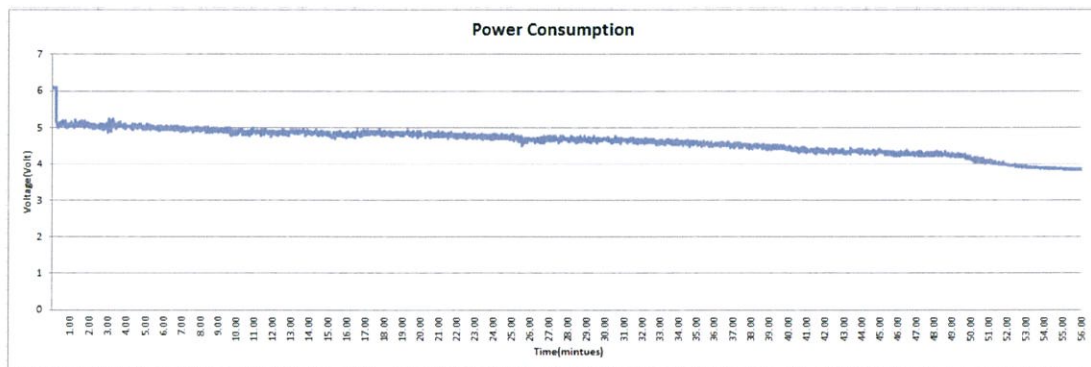
ชุดอุปกรณ์ที่ใช้แหล่งจ่ายนี้ประกอบด้วยโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว แหล่งจ่ายไฟฟ้านี้ใช้ถ่าน AA ขนาดแรงดันไฟฟ้า 1.2 โวลต์ จำนวน 4 ก้อน เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า จึงทำการทดสอบโดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าด้วยกันและเปิดการใช้งานมอเตอร์จนแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์ทั้งสองข้างได้ กล่าวคือมอเตอร์ข้างหนึ่งจะไม่สามารถทำงานได้เหลือเพียงมอเตอร์ข้างเดียวเท่านั้นจึงถือว่าแหล่งจ่ายไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบ ผู้จัดทำได้ทำการเชื่อมต่อวงจรและเปิดการใช้งานมอเตอร์จนระบบไม่สามารถทำงานได้ 2 ครั้ง แล้วจึงเก็บผลแรงดันซึ่งแสดงถึงการใช้ไฟฟ้าของชุดอุปกรณ์และระบบในรูปแบบของกราฟ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าในหน่วยโวลต์และเวลาในหน่วยนาทีที่แสดงดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.10 กราฟผลการทดสอบครั้งที่ 1

จากกราฟรูปที่ 4.10 เมื่อต่อโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำการเปิดใช้งานมอเตอร์ทั้งสองพบว่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นมีค่าประมาณ 6.3 โวลต์ เมื่อเปิดใช้งานไปอย่างต่อเนื่องแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเหลือ 5 โวลต์ และทำงานเปิดมอเตอร์ใช้งานต่อไป

จนกระทั่งมอเตอร์ข้างหนึ่งไม่สามารถหมุนต่อไปได้มีค่าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 3.8 โวลต์ รวมระยะเวลาในทางปฏิบัติที่สามารถเปิดใช้งานได้รวม 48 นาที



รูปที่ 4.11 กราฟผลการทดสอบครั้งที่ 2

จากกราฟรูปที่ 4.11 เมื่อทำการเปิดใช้งานมอเตอร์ทั้งสองพบว่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นมีค่าประมาณ 6.08 โวลต์ เมื่อเปิดใช้งานไปอย่างต่อเนื่องแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเหลือ 5 โวลต์ และทำงานเปิดมอเตอร์ใช้งานต่อไปจนกระทั่งมอเตอร์ข้างหนึ่งไม่สามารถหมุนต่อไปได้มีค่าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 3.7 โวลต์ รวมระยะเวลาในทางปฏิบัติที่สามารถเปิดใช้งานได้รวม 56 นาที

ดังนั้นโดยสรุปจากผลการทดลองพบว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าจะส่งผลต่อการใช้งานของระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกนทั้งระบบ เนื่องจากมีระยะเวลาการใช้งานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ทำให้ระบบหยุดการทำงานได้เร็วที่สุด โดยเฉลี่ยจาก 2 การทดลองระยะเวลาการเปิดใช้งานมอเตอร์อย่างต่อเนื่องกันได้ประมาณ 52 นาที จึงจะทำให้ระบบนี้ไม่สามารถทำงานควบคุมต่อไปได้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษาหลักการการทำงานและเรียนรู้หลักการเพื่อสร้างระบบควบคุมรถบังคับด้วยเซ็นเซอร์สามแกน ซึ่งการสร้างระบบควบคุมรถนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการแสดงผลภาพและส่วนการควบคุมรถบังคับ ในส่วนการแสดงผลภาพนั้นภาพที่แสดงบนหน้าจอที่ติดตั้งอยู่บนแว่น VR ให้กับผู้ใช้งานจะเป็นภาพที่รับมาจากกล้องหน้ารถบังคับแบบเรียลไทม์ และในส่วนของ การควบคุมรถบังคับนั้นเมื่อผู้ใช้งานต้องการควบคุมจะอาศัยการรับค่าจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนแว่น VR แล้วจึงส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนแว่น VR เพื่อประมวลผลคำสั่งและตัดสินใจว่าคำสั่งที่ได้มานั้นควบคุมรถให้เคลื่อนที่ไปยังทิศทางใดแล้วจึงส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ติดตั้งอยู่บนรถบังคับเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์และบังคับการเคลื่อนที่ของรถบังคับ ผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างระบบควบคุมขึ้นและทำการทดสอบการใช้งานซึ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทดสอบการรับส่งภาพจากกล้องหน้ารถ การทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับ และทดสอบการใช้ไฟฟ้าของระบบ ส่วนแรกการทดสอบการรับส่งภาพจากกล้องหน้ารถพบว่าการสตรีมภาพที่แบ่งเป็น 2 หน้าจอเพื่อรองรับเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) มีการตีเลยในการสตรีมภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 487 มิลลิวินาที ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานจริงนั้นพบว่าตีเลยที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลกระทบต่อ การควบคุมรถบังคับ ส่วนถัดมาการทดสอบการเคลื่อนที่ของรถบังคับพบว่าการควบคุมรถบังคับด้วยการเคลื่อนไหวศีรษะนั้นสามารถใช้ควบคุมรถบังคับตามเงื่อนไขได้อย่างถูกต้อง แต่การเลี้ยวซ้ายและการเลี้ยวขวานั้นยังพบข้อบกพร่องที่จำเป็นต้องใช้ทักษะในการควบคุมค่อนข้างมาก และเมื่อรถบังคับเดินทางตรงพบว่าเกิดข้อบกพร่องทำให้รถเคลื่อนที่เอียงไปจากเส้นทางตรงที่ต้องการ เนื่องจากฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบ และในที่สุดท้ายการทดสอบการใช้ไฟฟ้าของระบบพบว่าในแต่ละส่วนของระบบนั้นแหล่งจ่ายแต่ละแหล่งจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เท่ากัน จากการคำนวณทางทฤษฎีและเปรียบเทียบกับทางปฏิบัติแล้วพบว่าระยะเวลาเพื่อใช้งานระบบของทั้งระบบโดยประมาณเท่ากับ 52 นาที อุปกรณ์จึงจะสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ในการสร้างระบบควบคุมรถนี้จัดทำขึ้นเพื่อความสะดวกในการรับส่งข้อมูลโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ผู้จัดทำได้เชื่อมต่อแบบไร้สายระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ส่งผลให้สามารถควบคุมรถได้ในระยะที่ไกลกว่าแบบใช้สาย และไม่เกิดปัญหาแม้ว่าพื้นที่ที่ใช้งานจะมีสิ่งกีดขวางส่งผลให้สามารถใช้งานในด้านสำรวจเพื่อเข้าสำรวจในพื้นที่แคบ เข้าถึงได้ยาก หรือเสี่ยงอันตรายแก่มนุษย์ได้ ระบบควบคุมรถนี้จึงสามารถต่อยอดและเป็นต้นแบบในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการสำรวจในประเทศไทยต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเพื่อการใช้งานทางด้านการสำรวจ รถบังคับที่ออกแบบนั้นควรมีความทนทานและมีพื้นที่ที่สามารถรองรับน้ำหนักของโหลดได้มากขึ้นจะเป็นประโยชน์ในการขนย้ายสิ่งของไปกับตัวรถในพื้นที่ซึ่งผู้ใช้งานอาจเข้าถึงได้ยากหรืออยู่ห่างออกไป และเพิ่มเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกส์เพื่อใช้ในการวัดระยะห่างจากเซ็นเซอร์ถึงสิ่งของต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ ข้อดีของเซ็นเซอร์คือแม้แต่ในสถานะที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ฝุ่นผงและความสกปรกก็ยังสามารถตรวจวัดระยะห่างของวัตถุได้ดี แม้วัตถุนั้นจะมีความโปร่งใส โปร่งแสง หรือมีความแวววาว อีกทั้งยังเหมาะสำหรับการตรวจจับของเหลวและวัตถุที่เป็นเม็ดได้เป็นอย่างดี อีกทั้งวัสดุในระบบนี้ควรมีการปรับเปลี่ยนชนิดของวัสดุให้มีความแข็งแรง ทนทาน และเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น เช่น อาจควรเปลี่ยนล้อให้ทนทานสามารถข้ามสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าล้อที่ใช้งานอยู่เดิม และเพื่อให้รถบังคับสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้อย่างมีข้อจำกัดน้อยที่สุด รวมถึงในการออกแบบควรคำนึงถึงการเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีความจุของแหล่งจ่ายที่มากขึ้นแต่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ทั้งหมดได้นานมากยิ่งขึ้นแต่น้ำหนักของตัวรถบังคับยังคงมีน้ำหนักไม่มากนักและมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

บรรณานุกรม

- [1] Forouzan, Behrouz A. Data Communications and Networking. R. R. Donnelley Crawfordsville, IN : Mc Graw Hill, 2007.
- [2] Thaimicrotron. “การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C.” <http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Reference/I2CBUS.htm>.
- [3] Jatuchai. “ความรู้เรื่อง I2C.” <http://www.eclubthai.com/board/index.php?topic=16140.0;wap2>.
- [4] Murugan Bala. “DIY Robot car using 8051Microcontroller with remote controller.” <http://www.gadgetronicx.com/diy-robot-car-rc-8051-microcontroller/>.
- [5] James Vlahos. “A Self-Balancing, Two-Wheeled Car.” <https://www.popsci.com/self-balancing-two-wheeled-car>.
- [6] Wannaphong. “เขียนโปรแกรมเครือข่าย Socket ใน Python ตอนที่ 3 รับส่งไฟล์ทางเครือข่าย.” <http://python3.wannaphong.com/2015/04/socket-python-3.html>.
- [7] Booindy Rattanaburee. “Web Control LED with Raspberry Pi.” <http://raspberrypi-thai.blogspot.com/2015/05/web-control-led-with-raspberry-pi.html>.
- [8] Thitiphong Raksarikorn. “บทที่ 6 เรียนรู้การใช้ GPIO ของ Raspberry Pi 3 Model B.” <http://595162020009.blogspot.com/2017/02/6-gpio-raspberry-pi3-model-b.html>.
- [9] Thaieasyelec. “บทความการพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi ด้วย Qt.” <http://thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%92%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%99-raspberry-pi%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-qt.html>.

- [10] Phatcharin Ngam-sai. “Digital Compass.” https://mcu56.learninginventions.org/?page_id=266&cn-entry-slug=phatcharin-ngam-sai-3&cn-view=detail.
- [11] Narin Group. “การใช้ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller.” http://narin_group.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html.
- [12] Deepak Singhvi. “RaspberryPi to run DC Motor using L298N Motor Controller.” <http://deepaksinghviblog.blogspot.com/2014/08/raspberrypi-to-run-dc-motor-using-l298n.html>.
- [13] Tawun Chuaychucrue. “บทความการใช้งาน การใช้งาน L298N motor drive.” <http://gamerbloggerport.blogspot.com/2017/09/l298n-motor-drive.html>.
- [14] Thanaporn. “เครือข่ายแบบ Client/Server.” <http://phung-mimoza.blogspot.com/2010/12/clientserver.html>.
- [15] Digi-key. “Battery Life Calculator.” <https://www.digikey.com/en/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life>.
- [16] Dreamend. “mAh คือ อะไร.” <http://dreamsender.blogspot.com/2009/04/mah.html>.
- [17] Rightbattery. “1.5V AA Panasonic Evolta Alkaline Battery Tests.” <https://rightbattery.com/557-1-5v-aa-panasonic-evolta-alkaline-battery-tests/>.
- [18] Dejan Nedelkovski. “Arduino DC Motor Control Tutorial – L298N | PWM | H-Bridge.” <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>.
- [19] The c continuum. “Arduino IMU: Pitch & Roll from an Accelerometer.” <https://thecontinuum.com/2012/09/24/arduino-imu-pitch-roll-from-accelerometer/>.
- [20] Yuzhuo Sun and Hanxiang Hao. “MPU-6050 decoding.” https://courses.cit.cornell.edu/ece5990/ECE5990_Fall15_FinalProjects/Yuzhuo_Sun/ECE5990_project_demo/design.html.
- [21] Chris Hoffman. “What’s the Difference Between TCP and UDP.” <https://www.h>

owtogeek.com/190014/htg-explains-what-is-the-difference-between-tcp-and-udp/.

[22] J. Postel. “User Datagram Protocol.” <https://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>.

[23] Gorry Fairhurst. “Transmission Control Protocol (TCP).” <http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/course/inet-pages/tcp.html>.

[24] Alex. “How Much Power Does Raspberry Pi3B Use? How Fast Is It Compared To Pi2B?.” <http://raspi.tv/2016/how-much-power-does-raspberry-pi3b-use-how-fast-is-it-compared-to-pi2b>.