รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

รถขับเคลื่อนอัตโนมัติไร้คนขับ

Unmanned Ground Vehicle

DPU

โดย

ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

ชื่อเรื่อง : รถขับเคลื่อนอัตโนมัติไร้คนขับ

ผู้วิจัย : ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์ **สถาบัน** : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปีที่พิมพ์ : 2554 **สถานที่พิมพ์** : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

จำนวนหน้างานวิจัย : 115 หน้า

คำสำคัญ : รถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ รถไฟฟ้า การประมวลผลภาพ การระบุสิ่งกีดขวาง ไมโครคอนโทรเลอร์

ลิขสิทธิ์ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าให้สามารถเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยมุ่งเน้นทั้งในส่วนของตัวรถ ระบบไฟฟ้า ระบบควบคุม และระบบประมวลผลสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อให้รถยนต์สามารถเคลื่อนที่เองได้โดยไร้คนขับ

งานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงรถกอล์ฟที่ต้องใช้คนบังคับให้สามารถถูกควบคุมจากระบบคอมพิวเตอร์ได้ และพัฒนาความสามารถของโปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการตัดสินใจในการเคลื่อนที่ของรถ โดยส่วนประมวลผลหลักนี้จะรับข้อมูลจากหลายระบบย่อยคือระบบตรวจสอบขอบทาง ระบบตรวจจับเครื่องหมายจราจร ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง ระบบระบุตำแหน่งของรถ ระบบแผนที่ และระบบควบคุมตัวรถโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำมาประมวลผลเพื่อการตัดสินใจควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งในแต่ละระบบย่อยจะทำการตรวจวัดและสรุปเป็นสถานะของรถและสิ่งแวดล้อม เพื่อส่งมาให้ระบบตัดสินใจทำการวิเคราะห์และสั่งการ

จากการทดสอบระบบในภาพรวม รถที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติ โดยสามารถเคลื่อนที่ไปบนถนนโดยพิจารณาจากขอบถนน และยังสามารถเลี้ยวในเส้นทางที่กำหนดได้โดยใช้ระบบแผนที่ สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ แต่ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดเรื่องความสว่างของสภาพแวดล้อมและเงาของต้นไม้ที่ทำให้ระบบวิเคราะห์ขอบทางทำงานผิดพลาด

DPU

Title : Unmanned Ground Vehicle

Researcher : Dr. Narongdech Keeratipranon **Institution**: Dhurakij Pundit University

Year of Publication : 2011 **Publisher** : Dhurakij Pundit University

Sources: Dhurakij Pundit University

No. of page : 115 page

Keyword : UGV, electric car, image processing, obstacle identification, microcontroller

Copyright : Dhurakij Pundit University

Abstract

The main objective of this project is to design and develop an Intelligent Vehicle System for automatic driving. This project adapts existing technology to solve a challenging problem, a car driving itself without any control from human.

The car platform of this project is obtained by modifying a standard 2-seat golf cart such that it is able to be controlled by a computer system. The main decision-making process receives information from many subsystems; road identification, traffic signal analyze systems, obstacle detection system, vehicle positioning systems, map direction system, and low-level hardware control system. Each subsystem will measure environment data, process them, and send extracted information to the decision-making system for further analyze and control the vehicle.

From the actual experiment at the Dhurakij Pundit university football field, the car can autonomously drive along the walking track from start to the goal. However, the main limitation of the system is the lighting condition of the environment and the shadows of the objects in the moving track. These shadows make the road identification process misunderstanding between the shadow and actual road boundary.

DPU

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณนักศึกษาชมรมโรบอท ที่ช่วยกันพัฒนาชิ้นงาน อย่างตั้งใจยิ่ง โดยเฉพาะส่วนโครงสร้างที่ต้องใช้ทักษะและความเอาใจใส่อย่างสูง

ขอขอบคุณทีมนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยกันผลักดันให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วง แม้จะมีสิ่งท้าทายระหว่างการออกแบบและพัฒนาจำนวนมาก

ท้ายสุดนี้ ผู้จัดทำโครงงานวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ และให้ความรู้แก่ผู้ที่สนใจในระดับหนึ่ง หากมีข้อบกพร่อง ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้องประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และยินดีรับฟังคำชี้แนะหรือคำติชมจากท่านผู้รู้ทุกท่าน เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการทำงานในอนาคตต่อไป

ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์
พฤศจิกายน 2554

DPU

สารบัญ

บทคัดย่อ ก

Abstract ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญภาพ ฌ

สารบัญตาราง ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 วิธีการทดสอบระบบการทำงาน 3

1.6 การออกแบบระบบในภาพรวม 4

1.7 อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิจัย 6

1.8 โครงสร้างของรายงานวิจัย 6

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 การพัฒนาหุ่นยนต์อัตโนมัติ 8

2.2 การพัฒนารถอัตโนมัติในต่างประเทศและในประเทศไทย 9

2.2.1 การพัฒนาระบบรถอัตโนมัติในต่างประเทศ 9

2.2.2 การพัฒนาระบบรถอัตโนมัติในประเทศไทย 10

DPU

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับ 12
2.3.1 อุปกรณ์ GPS 12
2.3.2 อุปกรณ์ Laser Range Finder 13
2.3.3 อุปกรณ์กล้อง Webcam 17
2.3.4 อุปกรณ์ Digital Compass Module 18
2.3.5 อุปกรณ์ Wheel Encoder 18
2.4 การประมวลผลภาพ 19
2.4.1 ความรู้พื้นฐานด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล 20
2.4.2 ระบบสีสำหรับภาพดิจิทอล 20
2.4.3 การแปลงระบบสี 23
2.4.4 การทำ Threshold 23
2.4.5 การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) 24
2.4.6 Edge Detection 25
2.5 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) 27
2.6 การประมาณการเคลื่อนที่ 28
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 30
2.8 สรุป 31
บทที่ 3 การออกแบบ และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 33
3.1 การออกแบบระบบรถอัจฉริยะโดยรวม 33
3.1.1 แผนการทำงานของระบบตัดสินใจกลาง 33
3.1.2 แผนการทำงานของระบบระบุขอบทาง 34
3.1.3 แผนการทำงานระบบระบุตำแหน่ง 34

DPU

3.1.4 แผนการทำงานของระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง 35
3.1.5 แผนการทำงานของระบบแผนที่ 35
3.1.6 แผนการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
3.2 การดัดแปลงและปรับปรุงระบบรถไฟฟ้า 36
3.2.1 ข้อมูลของรถที่นำมาพัฒนาเป็นรถอัจฉริยะ 37
3.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ 38
3.2.3 ระบบการควบคุมรถแบบบังคับด้วยแท่นควบคุม 44
3.2.4 การควบคุมรถโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์....45
3.2.5 เขียนโปรแกรมควบคุมระบบฮาร์ดแวร์....47
3.3 ระบบตัดสินใจกลาง....48
3.3.1 การออกแบบการทำงานของระบบตัดสินใจกลาง....48
3.3.2 การเชื่อมต่อระบบตัดสินใจกลางกับส่วนต่างๆ 52
3.4 การวิเคราะห์สัญญาณภาพ....56
3.4.1 ระบบวิเคราะห์ป้ายจราจร....56
3.4.2 ระบบระบุขอบทาง....61
3.5 การวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง 66
3.6 การวิเคราะห์สัญญาณ GPS....71
3.6.1 รูปแบบของสัญญาณ GPS....71
3.6.2 เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าสัญญาณ GPS 72
3.7 ระบบแผนที่....74
3.7.1 สนามที่ใช้ในการทดสอบ....75
3.7.2 ส่วนของการระบุทิศทางด้วยแผนที่ (Map Referencing) 76

DPU

3.7.3 เขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบตัดสินใจกลาง......79

3.8 สรุปขั้นตอนการออกแบบโดยรวม......79

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 80

4.1 การควบคุมรถแบบบังคับด้วยมือ......80

4.1.1 ระบบควบคุมระยะใกล้......80

4.1.2 ระบบควบคุมระยะไกล......80

4.2 การควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์......81

4.3 การวิเคราะห์สัญญาณภาพ......82

4.3.1 ระบบการวิเคราะห์หาขอบทาง......82

4.3.2 ระบบการวิเคราะห์ป้ายจราจร......85

4.4 การวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง......87

4.5 การวิเคราะห์สัญญาณ GPS......89

4.6 การบอกทิศทางโดยใช้แผนที่......92

4.7 การวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอล......97

4.8 สรุปผลการดำเนินงาน......99

บทที่ 5 วิเคราะห์การทดลอง 102

5.1 สมรรถนะของรถที่ดัดแปลง......102

5.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ......103

บทที่ 6 สรุปผลการการวิจัย 106

6.1 ภาพรวมของระบบ......106

6.2 การบรรลุวัตถุประสงค์......106

DPU

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 107

6.4 สรุป 107

บรรณานุกรม **109**

ประวัติผู้วิจัย **112**

DPU

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 รถกอล์ฟไฟฟ้าที่ใช้ในการพัฒนา 4
1.2 ระบบการทำงานของรถอัจฉริยะในภาพรวม 5
2.1 Laser Range Finder รุ่นต่างๆของบริษัท Hokuyo 13
2.2 ลักษณะการตรวจวัดของ Laser Range 14
2.3 ลักษณะ Format ที่ใช้ในการติดต่อของ Laser Range 14
2.4 ลักษณะ Format ที่ส่งคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ถึง Laser Range 16
2.5 ลักษณะ Format Echo ที่ได้จาก Laser Range 16
2.6 ลักษณะ Format ของ คำสั่ง MD0520056001102 17
2.7 อุปกรณ์ตรวจจับแสง และจานแถบสีขาว-ดำ 19
2.8 อุปกรณ์ Wheel Encoder 19
2.9 พิกัดของระบบภาพดิจิตอล 20
2.10 ระบบสี RGB 20
2.11 ระบบสี Grayscale 21
2.12 ระบบสี HSV 21
2.13 รูปการสร้างภาพไบนารี 22
2.14 ตัวอย่างการแปลงภาพเป็นแบบ Binary 22
2.15 ภาพในระบบสี Grayscale และภาพที่ทำ Threshold 24
2.16 ภาพก่อนและหลังการกำจัด Noise 24
2.17 ภาพก่อนและหลังการปรับความคมชัด 25
2.18 หลักการของการหาขอบด้วยวิธีต่างๆ 26
2.19 ตัวอย่างการหาขอบภาพโดยใช้ Edge detector แบบต่างๆ 26
2.20 โครงสร้างเซลล์สมอง 27
2.21 โมเดลจำลองการเคลื่อนที่ของรถ 28
2.22 อุปกรณ์ Microcontroller ตระกูล Atmel AVR-128 30
3.1 โครงสร้างระบบรถอัจฉริยะ 33
3.2 ระบบการเชื่อมต่อของระบบตัดสินใจกลาง 33
3.3 ระบบการเชื่อมต่อของระบบระบุขอบทาง 34

DPU

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.4 ระบบการเชื่อมต่อของระบบระบุตำแหน่ง 34
3.5 ระบบการเชื่อมต่อของระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง 35
3.6 ระบบการเชื่อมต่อของระบบแผนที่ 35
3.7 ระบบการเชื่อมต่อของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
3.8 รถไฟฟ้าที่นำมาพัฒนา 37
3.9 ตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องเว็บแคม 38
3.10 ภาพที่ถ่ายจากตำแหน่งกล้องในระบบเดิม ซึ่งติดห่างจากหลังคา 39
3.11 ภาพที่ถ่ายจากตำแหน่งกล้องในระบบใหม่ ซึ่งติดสูงใกล้หลังคา 39
3.12 Laser Range Finder รุ่น UTM-30LX 40
3.13 Digital Compass Module เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 41
3.14 บอร์ด GPS GM-82 42
3.15 IC และวงจรภายในของ Max-232 42
3.16 วงจรการต่อใช้งาน MAX-232 42
3.17 บอร์ด MAX-232 ที่พัฒนาพร้อมใช้งาน 43
3.18 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ Wheel Encoder 43
3.19 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ Limit-switch เพื่อบังคับการเลี้ยว 45
3.20 โครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบฮาร์ดแวร์ 46
3.21 บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการควบคุมและรูปแบบการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน 47
3.22 ระบบการดำเนินงานโดยรวม 48
3.23 ส่วน GUI ของผู้ใช้โปรแกรม 49
3.24 ขั้นตอนการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม 50
3.25 ขั้นตอนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ 51
3.26 ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ 51
3.27 ขั้นตอนการสั่งงานการเคลื่อนที่และรับ–ส่งข้อมูล 52
3.28 ตัวอย่างคำสั่งการใช้งาน Serial port ด้วยโปรแกรม Matlab 53
3.29 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของระบบป้ายจราจร 56
3.30 ภาพป้ายจราจรที่ได้จากกล้องดิจิตอลชนิดป้ายเลี้ยวขวา 56

DPU

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.31 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิคการเติมภาพ (imfill) 57
3.32 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Opening 57
3.33 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Data Type Conversion 58
3.34 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Circle Detection 58
3.35 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Cropping 59
3.36 ภาพป้ายเลี้ยวซ้ายที่ผ่านการใช้เทคนิค Cropping 59
3.37 ข้อมูลป้ายเลี้ยวขวาที่ระบบตรวจจับป้ายจราจรวิเคราะห์และส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง 60
3.38 ข้อมูลป้ายเลี้ยวซ้ายที่ระบบตรวจจับป้ายจราจรวิเคราะห์และส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง 60
3.39 ขั้นตอนของระบบระบุขอบทาง 61
3.40 ภาพที่ได้การกล้องเว็บแคม และทำการสร้างตาราง 62
3.41 การแปลงภาพสีชนิด RGB เป็นภาพสีชนิด Grayscale 62
3.42 การหาขอบภาพโดยใช้เทคนิค Canny 63
3.43 การกำจัดสัญญาณรบกวนหรือกำจัด Noise 63
3.44 การหาค่าของขอบทางในแกน X และแกน Y 64
3.45 ตำแหน่งรถที่อยู่ในตำแหน่งเลี้ยวซ้าย 65
3.46 ตำแหน่งรถที่อยู่ในตำแหน่งเลี้ยวขวา 65
3.47 ตำแหน่งรถที่ในตำแหน่งไม่ทำการเลี้ยว 65
3.48 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบระบุสิ่งกีดขวาง 66
3.49 ค่า Command Echo ที่ได้จาก Laser Range 66
3.50 ลักษณะของ Data ที่ได้จากการ Scan 67
3.51 ตัวอย่างการถอดรหัส 67
3.52 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสิ่งกีดขวาง 68
3.53 กราฟที่ได้จากการ Scan 69
3.54 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการ Scan 69
3.55 สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านขวา 70

DPU

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.56 สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านซ้าย	71
3.57 ค่าที่อ่านได้จาก GPS Module	73
3.58 แผนการดำเนินงานการวิเคราะห์สัญญาณ GPS	74
3.59 สนามฟุตบอลของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	75
3.60 สนาม Bangkok Racing Circuit	75
3.61 การทำงานของส่วนระบุทิศทางด้วยแผนที่	76
3.62 แผนการดำเนินการของส่วนระบุทิศทางด้วยแผนที่	76
3.63 การหามุมเลี้ยวในกรณีที่รถอยู่ในระยะที่กำหนดไว้	77
3.64 การหามุมเลี้ยวในกรณีที่รถไม่ได้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้	78
3.65 รถวิ่งไปถึงระยะที่กำหนดไว้แต่ไม่เลี้ยว	78
4.1 ตัวอย่างการหาขอบทาง	82
4.2 ตัวอย่างของภาพที่มีแสงมาก	83
4.3 ตัวอย่างของภาพที่มีแสงปานกลาง	83
4.4 ตัวอย่างของภาพที่มีแสงน้อย	84
4.5 ตัวอย่างของภาพที่มีเงาต้นไม้	84
4.6 ป้ายเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์ป้ายจราจร	86
4.7 กราฟผลการทดลองการตรวจจับและวิเคราะห์ป้ายจราจร	86
4.8 ตำแหน่งของ Laser Range เมื่อติดตั้งกับตัวรถ	87
4.9 รูปแบบการทดลอง Scan วัตถุสองชนิดที่อยู่ด้านหน้าของ Laser Range	87
4.10 กราฟที่ได้จากการ Scan	88
4.11 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการ Scan	88
4.12 ภาพการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณ GPS	90
4.13 ชุดข้อมูลที่ได้ทำการคัดเลือกออกมา	91
4.14 การพล็อตจุดลงบน Scale แผนที่ของสนามฟุตบอลของมหาวิทยาลัย	91
4.15 ทดสอบให้วิ่งไปถึงจุดที่กำหนด	92
4.16 ผลการทดสอบการวิ่งครบรอบ	93
4.17 รายละเอียดของการทดสอบการสอบถามทิศทาง	93

DPU

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.18 การทดสอบกับสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ 93
4.19 การทดสอบการเคลื่อนที่รอบสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ 94
4.20 การกำหนดทางโค้งและแยกต่างๆ 94
4.21 การกำหนดจุดเริ่มต้น และการกำหนดเส้นทาง 95
4.22 การบอกชื่อทางโค้งหรือทางแยก 96
4.23 การบอกทิศทาง และองศาการเลี้ยว 96
4.24 สภาพของสนามในการทดสอบ ทั้งในช่วงแสงมากและแสงน้อย 97
4.25 เส้นทางการทดสอบและการวางตำแหน่งของป้ายจราจรและสิ่งกีดขวาง 97

DPU

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 รายละเอียดของรถไฟฟ้าที่ถูกใช้ดัดแปลงเป็นรถอัจฉริยะ 36

4.1 ร้อยละของความสำเร็จของการควบคุมรถด้วยคลื่นวิทยุแบบบังคับด้วยมือ ในภารกิจต่างๆ 79

4.2 ผลการทดลองโดยการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์ 80

4.3 ผลการทดสอบเรื่องการวิเคราะห์หาขอบทาง 84

4.4 ผลจากระบบวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง ซึ่งค่าที่ได้คือระยะทางคลาดเคลื่อน เฉลี่ยจากแต่ละรูปแบบการวางวัตถุ 88

4.5 ผลการทดลองการวิ่งรถอัตโนมัติ 98

DPU

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความสามารถในการบังคับควบคุมรถยนต์ของมนุษย์นั้นมีข้อจำกัดจากหลายสาเหตุ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพร่างกายของผู้ขับที่ไม่พร้อม เช่น อาการอ่อนเพลียจากการพักผ่อนไม่พอ การมีระดับแอลกอฮอล์ในเลือดสูง การหย่อนประสิทธิภาพของอวัยวะต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดจากสภาพถนนขณะขับขี่ ที่ทำให้มีทัศนะวิสัยไม่ดี การขับขี่ในเส้นทางที่ไม่คุ้นเคย หรือข้อจำกัดจากการขับรถในบริเวณที่เสี่ยงอันตราย เช่น บริเวณที่มีปัญหาความไม่สงบ หรือบริเวณที่มีสารพิษอันตราย เป็นต้น โครงการวิจัยนี้ต้องการลดความเสี่ยงของมนุษย์อันเนื่องมาจากการขับขี่ และต้องการช่วยผู้พิการให้สามารถเดินทางได้ด้วยตนเอง จึงเสนอให้ใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมสั่งการรถ แทนการใช้มนุษย์ในการบังคับควบคุม

งานวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายหลักในการพัฒนารถยนต์ ให้สามารถขับเคลื่อนไปบนถนนในเส้นทางที่กำหนด โดยไม่ต้องมีคนขับและไม่มีการบังคับจากระยะไกล รถอัตโนมัตินี้จะได้รับการติดตั้งระบบตรวจจับ เพื่อรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจะทำการส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ และสั่งการให้รถเคลื่อนที่ไปในทิศทางและความเร็วที่เหมาะสม

ทั้งนี้เป้าหมายของงานวิจัยในระยะยาว คือ ต้องการให้รถเคลื่อนที่ได้อย่างอัตโนมัติในสภาพถนนจริง ผู้วิจัยได้แบ่งโครงการออกเป็นงานวิจัยหลายระยะต่อเนื่องกัน เพื่อให้สามารถดำเนินการได้เสร็จภายในระยะเวลาประมาณ 8 – 12 เดือน ทั้งนี้ผลลัพธ์ของแต่ละช่วงจะได้รถอัตโนมัติที่มีความสามารถเพิ่มขึ้น โดยเริ่มจากการเคลื่อนที่อัตโนมัติในสภาพแวดล้อมที่ไม่ซับซ้อน จนถึงสภาพการใช้งานบนถนนจริง

เทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์และระบบควบคุมอัตโนมัติได้รับความสนใจและการสนับสนุนเป็นอย่างมากในกลุ่มนักวิจัยต่างประเทศ [1-3] จนพัฒนาให้สามารถควบคุมรถยนต์เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดได้โดยไม่มีคนบังคับ [4-6] ซึ่งในระยะแรกนั้น จะทำการพัฒนาโดยออกแบบให้รถเคลื่อนที่อยู่ด้านหลังตามรถนำคันหน้าซึ่งถูกบังคับโดยมนุษย์ [7] ระยะต่อมาจึงพัฒนาให้รถตัดสินใจเคลื่อนที่เองทั้งหมดในสภาพแวดล้อมปิด เช่น สนามแข่งรถที่ไม่มีรถคันอื่นอยู่บนถนน [4, 8] การออกแบบให้รถทำตามป้ายจราจร [9] การขับขี่ระยะไกลในทะเลทรายและการขับขี่ในเมือง [4]

นอกจากการพัฒนารถอัตโนมัติในต่างประเทศแล้ว ยังมีงานวิจัยทางด้านนี้จากมหาวิทยาลัยชั้นนำของประเทศไทย ซึ่งในเบื้องต้นนักวิจัยในประเทศไทยสามารถพัฒนารถอัจฉริยะให้เคลื่อนที่ได้โดยอัตโนมัติ ในเส้นทางที่ไม่ซับซ้อนมากนัก และทำตามเครื่องหมายจราจรเบื้องต้นได้ [10-12]

เป้าหมายหลักของงานวิจัยครั้งนี้ ในระยะแรกนี้ คือ การพัฒนารถอัตโนมัติให้เคลื่อนที่ได้โดยไม่มีคนบังคับ ในสภาพเส้นทางที่ไม่ซับซ้อน เช่น เส้นทางตรงหรือทางแยกที่มีมุมเลี้ยวกว้าง มีสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ง่ายต่อการตรวจจับ โดยรถสามารถทำตามสัญญาณจราจรเบื้องต้น เช่น สัญญาณเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หรือสัญญาณไฟจราจรได้

รถที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้น นอกจากจะเป็นการส่งเสริมการทำวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้แล้ว ยังสามารถนำไปประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัยได้ทั้งการส่งเข้าแข่งขันในระดับประเทศ และการสาธิตการทำงานของรถในงานนิทรรศการต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาต่อเนื่องให้รถมีความอัตโนมัติมากขึ้น เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้น ในเส้นทางที่ซับซ้อนมากขึ้น เมื่อรถต้นแบบมีคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงแล้ว เราสามารถประยุกต์ใช้รถอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม สนามกอล์ฟ สถานที่ท่องเที่ยว สนามบิน หรือในบริเวณที่มีความเสี่ยงภัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาดัดแปลงยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า ให้สามารถถูกควบคุมสั่งการได้ในระยะไกล (เพิ่มความปลอดภัยระหว่างการพัฒนาในกรณีที่ระบบอัตโนมัติทำงานไม่สมบูรณ์ จะได้มีระบบสำรองสามารถบังคับรถได้ทันท่วงที) โดยรถสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตร/ชั่วโมง (2.78 เมตร/วินาที) ก่อนที่จะพัฒนาให้รถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้น หรือประยุกต์ใช้กับรถที่ใช้น้ำมันหรือแก๊สต่อไป

2. เพื่อพัฒนาระบบและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการตรวจจับ ประมวลผล และสั่งการให้รถเคลื่อนที่ไปในทิศทางและความเร็วที่ต้องการ

3. เพื่อออกแบบและพัฒนาส่วนซอฟต์แวร์สำหรับตรวจจับสัญญาณจากภายนอก คิดวิเคราะห์สัญญาณสำหรับสั่งการควบคุมรถ

4. เพื่อออกแบบและพัฒนาส่วนการเชื่อมต่อระหว่างรถ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ และส่วนวิเคราะห์สั่งการ เพื่อให้รถสามารถขับเคลื่อนอย่างอัตโนมัติไปในเส้นทางที่ต้องการ

DPU

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะพัฒนารถเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติด้วยความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตร/ชั่วโมงเท่านั้น

2. งานวิจัยนี้จะใช้รถไฟฟ้าขนาดกว้างประมาณ 1 เมตรและยาวประมาณ 2 เมตร เพื่อใช้เป็นรถสำหรับทดลอง เพราะง่ายต่อการดัดแปลง ควบคุม และสามารถนำไปสาธิตการทำงานภายในอาคารได้ดี (เมื่อเทียบกับรถที่ใช้น้ำมัน)

3. งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะการเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติในสภาพแวดล้อมตอนกลางวันที่ไม่มีฝนตกหรือน้ำขังเท่านั้น

4. งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะการหลบหลีกสิ่งกีดขวางขนาดกว้างและสูงไม่น้อยกว่า 1 เมตร และปฏิบัติตามสัญญาณจราจรเบื้องต้นได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อพัฒนาระบบรถอัตโนมัติต้นแบบที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยไม่มีคนบังคับบนเส้นทางที่กำหนด

2. เพื่อนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับรถหรืองานที่สามารถกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่อย่างแน่นอน เช่น สนามกอล์ฟ การนำบุคคลเที่ยวชมสถานที่ การรับส่งผู้โดยสารในสนามบิน

3. เพื่อใช้เป็นองค์ความรู้ในการพัฒนางานวิจัยด้านหุ่นยนต์และระบบควบคุมอัตโนมัติต่อไป

4. เพื่อใช้เป็นตัวอย่างหรือกรณีศึกษาให้นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้เห็นตัวอย่างและเข้าใจกระบวนการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านหุ่นยนต์และระบบควบคุมอัตโนมัติ

5. เพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์ทางด้านวิชาการของมหาวิทยาลัย ซึ่งถือว่าเป็นการประชาสัมพันธ์คณะและมหาวิทยาลัย

6. เพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้นักศึกษาให้พัฒนานวัตกรรม ที่เป็นประโยชน์กับสังคมและประเทศชาติต่อไป

1.5 วิธีการทดสอบระบบการทำงาน

1. **ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์** จะทดสอบโดยการสั่งงานผ่าน Serial Port RS 232 ระหว่างคอมพิวเตอร์กับ บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจสอบอัตราการตอบสนองและความแม่นยำ

2. **ระบบระบุขอบทาง** ใช้กล้องในการจับภาพของถนนแล้วทำการประมวลผลภาพที่

DPU

ได้มา เพื่อวิเคราะห์หาขอบทาง สำหรับให้รถรู้ขอบเขตที่ควรจะเคลื่อนที่ไป

3. **ระบบระบุสิ่งกีดขวาง** ใช้ Laser Range Finder ตรวจหาวัตถุที่อยู่หน้ารถ โดยการนำสิ่งกีดขวางมาวางไว้บนถนน เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

4. **ระบบวิเคราะห์สัญญาณป้ายจราจร** ทำการประมวลผลภาพที่ถ่ายได้จากกล้องดิจิตอล โดยใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมเพื่อรู้จำสัญลักษณ์ของป้ายจราจร

5. **ระบบระบุตำแหน่ง** ทดสอบโดยการติดตั้ง GPS ไว้บนรถแล้วเขียนโปรแกรมให้สามารถอ่านค่าพิกัด ละติจูด และลองจิจูดแล้วนำมาคำนวณหาตำแหน่งค่าสัมพันธ์ (x,y) เทียบกับตำแหน่งของแผนที่ แล้วแสดงลงยังสเกลแผนที่ เพื่อให้รู้ว่ารถขณะนั้นๆ อยู่ที่ตำแหน่งใด

6. **ระบบระบุทิศทางด้วยแผนที่** จะนำค่าพิกัดบนแกน (x,y) จากระบบระบุตำแหน่งมาใช้เป็นตัวบอกถึงบริเวณที่ต้องทำการเคลื่อนที่ไปยังเส้นทางที่ผู้ใช้กำหนด

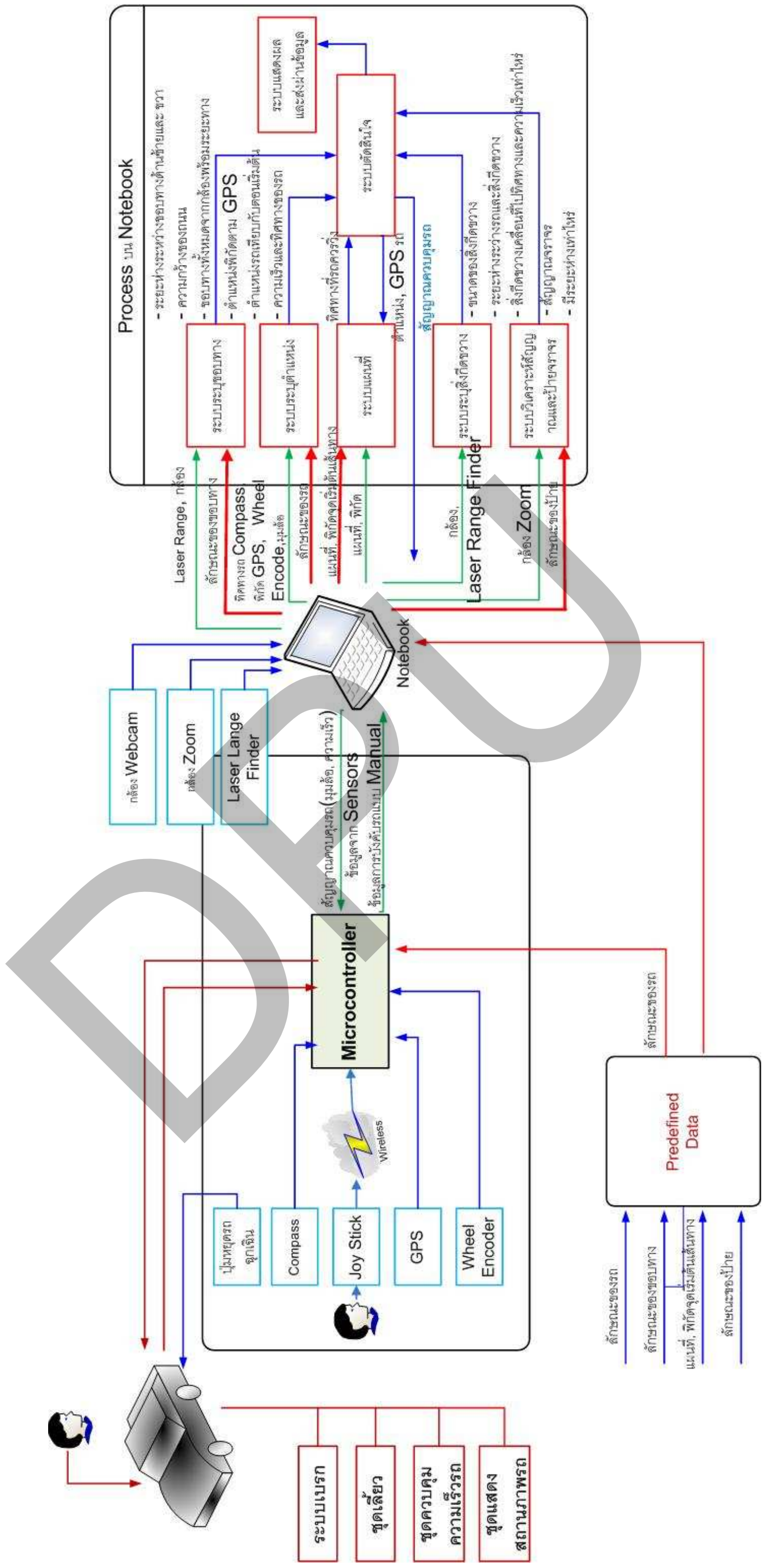
7. **ส่วนรวมของระบบทั้งหมด** นำแต่ละส่วนมาทำงานร่วมกันโดยให้รถวิ่งไปตามถนนรอบสนามเองจากการสั่งงานของระบบตัดสินใจกลาง

1.6 การออกแบบระบบในภาพรวม

ในการพัฒนาระบบรถอัตโนมัตินี้ จะเริ่มจากการดัดแปลงรถกอล์ฟ ให้สามารถควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งรถกอล์ฟที่ใช้ในการทดลองแสดงในรูปที่ 1.1 ทั้งนี้รถดังกล่าวจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม สำหรับใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อม ประมวลผล และสั่งการควบคุมรถดังแสดงในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.1 รถกอล์ฟไฟฟ้าที่ใช้ในการพัฒนา

DPU



DPU

รูปที่ 1.2 ระบบการทำงานของรถอัจฉริยะในภาพรวม

หลักการที่นำมาใช้ คือ การตรวจวัดค่าจากสภาพแวดล้อมแล้วนำข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์ เพื่อให้รถสามารถวิ่งไปตามเส้นทางที่กำหนดได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวกลางในการรับส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับและคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ในส่วนประมวลผลเพื่อตัดสินใจนั้นจะต้องรับค่าจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่ตัวรถ ซึ่งได้แก่ กล้องเว็บแคม อุปกรณ์ GPS และ Encoder ที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของตัวรถ Laser Range Finder เพื่อใช้ในการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง และอื่นๆ ที่จำเป็นต่อระบบตัดสินใจ

ในส่วนของระบบแผนที่จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับระบบตัดสินใจกลาง เพื่อตรวจสอบว่ารถนั้นวิ่งได้ตรงตามเส้นทางหรือไม่ โดยจะทำงานควบคู่กับระบบระบุตำแหน่ง และระบบวิเคราะห์ขอบทาง ทั้งนี้ระบบแผนที่จะถูกเรียกใช้เมื่อรถวิ่งมาถึงทางแยก โดยระบบตัดสินใจจะมีการร้องขอว่าจะให้รถเคลื่อนที่ไปทิศทางใด ซึ่งจะส่งตำแหน่งในแผนที่และGPS ของรถในขณะนั้น เมื่อได้รับการร้องขอแล้วระบบแผนที่จะคำนวณทิศทางและส่งข้อมูลให้กับระบบตัดสินใจต่อไป

1.7 อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค Acer Aspire 4736 สำหรับติดตั้งในรถ
2. รถกอล์ฟ : ใช้ในการดัดแปลงเป็นรถอัจฉริยะ
3. Laser Range Finder รุ่น UTM-30LX : ใช้ในการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง
4. GPS รุ่น GM-82 : ใช้ในการระบุตำแหน่งของรถ
5. Webcam : ใช้ในการถ่ายภาพเพื่อวิเคราะห์หาป้ายจราจรและขอบทาง
6. Board AVR ATMEGA64 : ใช้ในการรับค่า และควบคุมการทำงานของมอเตอร์
7. Digital Compass : ใช้ในการอ่านค่าทิศทางของรถ
8. Wheel Encoder : ใช้สำหรับประมาณการเคลื่อนที่ของรถ
9. ระบบปฏิบัติการ Windows XP
10. โปรแกรม MATLAB R2008a: ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้กับระบบตัดสินใจ
11. โปรแกรม AVR studio 4: ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้กับ Board AVR

1.8 โครงสร้างของรายงานวิจัย

บทที่ 2 เป็นการอธิบายในส่วนของงานวิจัยและทฤษฎีที่ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะกล่าวในเรื่องของ การพัฒนาหุ่นยนต์อัตโนมัติ การพัฒนารถยนต์อัตโนมัติ อุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้ การวิเคราะห์ภาพ การประมาณการเคลื่อนที่ และไมโครคอนโทรลเลอร์

DPU

บทที่ 3 เป็นการออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งในบทนี้จะเป็นการวางแผนขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด เช่น การวิเคราะห์หาขอบทาง การตรวจจับสิ่งกีดขวาง การระบุตำแหน่ง และระบบตัดสินใจกลาง

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน คือ ส่วนที่ได้จากการทดลองหรือการดำเนินงาน ของแต่ละระบบ คือ ส่วนของการควบคุมรถด้วยมือ ส่วนของการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์ ส่วนของการวิเคราะห์สัญญาณภาพ ส่วนของการวิเคราะห์สัญญาณ GPS ส่วนของการบอกทิศทางโดยใช้แผนที่ ส่วนของการวิ่งอัตโนมัติในสนามฟุตบอล

บทที่ 5 เป็นการวิเคราะห์การทดลอง ในเรื่องของสมรรถนะของรถที่ดัดแปลง และระบบควบคุมอัตโนมัติ

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

DPU

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการออกแบบและพัฒนาของระบบรถอัตโนมัติ โดยเนื้อหาจะครอบคลุมตั้งแต่การพัฒนาหุ่นยนต์อัตโนมัติ การพัฒนารถยนต์อัตโนมัติ อุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้ การประมวลผลภาพ การประมาณตำแหน่งของรถหลังจากเคลื่อนที่ ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 การพัฒนาหุ่นยนต์อัตโนมัติ

หุ่นยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Robots) เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานตามคำสั่งที่กำหนดได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน โดยปราศจากการควบคุมจากมนุษย์ ทั้งนี้ในปัจจุบันหุ่นยนต์หลายชนิด จะมีคุณสมบัติของความอัตโนมัติ (Autonomy) ในระดับหนึ่ง หุ่นยนต์ต่างชนิดถูกสร้างต่างวัตถุประสงค์ ความอัตโนมัติก็จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของงาน ซึ่งงานบางอย่างต้องการหุ่นยนต์ที่มีความอัตโนมัติสูง เช่น งานสำรวจอวกาศ อุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับการสำรวจใต้ท้องทะเล (Jaguar AUV) หุ่นยนต์สำรวจใต้พิภพ หุ่นยนต์ที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า เป็นต้น สำหรับหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมยุคใหม่ แม้ว่าตัวหุ่นยนต์ประเภทแขนกล (Robot Arm) จะถูกยึดอยู่กับที่ก็สามารถพิจารณาได้ว่ามันมีความอัตโนมัติภายใต้สภาวะแวดล้อมของมัน ซึ่งเป้าหมายในการทำงานของมัน คือ หยิบจับวัตถุที่เคลื่อนมาตามสายพานให้ถูกต้อง โดยจะไม่ทราบได้เลยว่าวัตถุชิ้นต่อไปจะผ่านมาเมื่อไร

อาจกล่าวได้ว่า ความอัตโนมัติเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาการหุ่นยนต์อันจะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถอยู่รอดในสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นพื้นดิน ใต้น้ำ ในอากาศ ใต้ดิน หรือในอวกาศ หุ่นยนต์อัตโนมัติแบบสมบูรณ์ (Fully Autonomous Robot) [15] เรียกได้ว่าเป็นหุ่นยนต์ที่มีความสามารถดังต่อไปนี้

1. รับรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง สามารถตรวจสอบสภาวะของสิ่งแวดล้อม เพื่อจะนำค่าเหล่านั้นมาประมวลผลและสั่งการต่อไป

2. สามารถทำงานได้ด้วยตนเองในช่วงเวลาหนึ่ง โดยปราศจากการควบคุมจากมนุษย์ ซึ่งการทำงานด้วยตนเองนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในกรณีที่ระบบการบังคับควบคุมจากผู้บังคับเป็นไปได้ยาก เช่น ในงานสำรวจพื้นผิวดาวอังคาร ซึ่งการติดต่อระหว่างมนุษย์บนโลกกับหุ่นยนต์อาจขัดข้องจากสัญญาณรบกวน

3. สามารถเคลื่อนไหวตัวมันเองทั้งหมดหรือบางส่วนได้ด้วยตนเองโดยไม่อาศัยการช่วยเหลือจากมนุษย์

DPU

4. สามารถหลีกเลี่ยงการทำร้ายมนุษย์ ทรัพย์สิน หรือทำร้ายตัวเองได้ เว้นแต่ถูกออกแบบมา

นอกจากนี้ หุ่นยนต์อัตโนมัติอาจสามารถเรียนรู้ พัฒนาขีดความสามารถของมันเพื่อความสำเร็จในการปฏิบัติงาน หรือสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ ถึงแม้ว่าหุ่นยนต์อัตโนมัติจะมีความอัตโนมัติในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังต้องการการบำรุงรักษาตามปกติเหมือนเครื่องจักรอื่นๆ

2.2 การพัฒนารถอัตโนมัติในต่างประเทศและในประเทศไทย

การพัฒนารถอัตโนมัติทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ มีจุดประสงค์ในการที่จะออกแบบและสร้างรถที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่มนุษย์ต้องการ เพื่อลดอุบัติเหตุ นอกจากนี้รถอัจฉริยะยังสามารถนำไปใช้เป็นยานพาหนะสำหรับผู้พิการทางสายตา ผู้พิการแขน-ขา ผู้ทุพพลภาพ และผู้สูงอายุที่ไม่สามารถขับยานพาหนะเองได้อีกด้วย

2.2.1 การพัฒนาระบบรถอัตโนมัติในต่างประเทศ

พบว่า มีการเริ่มพัฒนารถอัจฉริยะในครั้งแรก โดยเกิดจากแรงบันดาลใจของนักประดิษฐ์ชาวสหรัฐอเมริกา ดร. วิลเลี่ยม วิตเทเคอร์ หรือ “เรด” เพราะท่านมีผมสีแดง ซึ่งมีความตั้งใจที่สร้าง NavLav หรือรถอัจฉริยะคันแรกในมหาวิทยาลัยคาร์เนกี้เมลลอน จากแนวคิดที่ว่าต่อไปในอนาคตคงต้องมียานกลอัตโนมัติเหมือนในภาพยนตร์เรื่อง Total Recall [4] ที่เพียงแต่นั่งเฉยๆ แล้วรถจะพาไปยังเป้าหมายที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีการขยายผลซึ่งพัฒนาไปใช้กับรถแวน เอสยูวี และรถบัสอีกด้วย ปัจจุบันมีการพัฒนาถึง NavLav รุ่น 11 แล้ว โดยใช้รถจี๊ป แรงเลอร์ สปอร์ต ที่มีการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ระยะใกล้และระยะปานกลาง เพื่อใช้ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ระบบจีพีเอสที่สามารถระบุตำแหน่งละเอียดถึงเซนติเมตร มีไจโรสโคปเพื่อคำนวณหามุมเอียงในสามมิติ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งเลเซอร์สแกนเนอร์ ระดับ 0.5 องศา ซึ่งทำหน้าที่เป็น ตาวิเศษเพิ่มเติมจากระบบกล้องคู่ที่ใช้กันอยู่เสมอสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยทั่วไป

รถอัจฉริยะต้องขับเคลื่อนได้ในทิศทาง และสภาพถนนที่ไม่รู้ล่วงหน้ามาก่อน โดยแผนที่ที่มีในตอนต้นจะเป็นการบอกเพียงทิศทางเท่านั้น แต่บางครั้งรถอัจฉริยะก็ไม่สามารถวิ่งบนถนนไฮเวย์ตามที่ระบุในแผนที่ได้ จึงต้องวิ่งออกนอกเส้นทางในพื้นที่ขรุขระ (Off Road) ดังนั้นต้องประยุกต์ใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ในขั้นตอนของการวางแผนการเดินทาง การวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ เช่น NavLav1 เคยเข้าใจผิดหลบเงาของต้นไม้แล้วหลงวิ่งไปชนต้นไม้เสียหายอย่างมากมาแล้ว ดังนั้นในการออกแบบผู้ประดิษฐ์ต้องคำนึงถึงระบบพลวัต (Dynamics System) ของสภาพการใช้งาน เพื่อลดข้อผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นด้วย

DPU

กระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกาได้เล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีที่เกิดจากการพัฒนารถอัจฉริยะดังกล่าว จึงได้เกิดโครงการ Grand Challenge โดย DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) [4] ภายใต้กระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐฯ ซึ่งเป็นการพัฒนารถอัจฉริยะประเภทหนึ่ง เพื่อนำมาใช้ในด้านการทหาร เป็นการบังคับรถให้สามารถเคลื่อนที่ตามพิกัดแล้วเก็บข้อมูลต่างๆ ส่งกลับมายังจุดเริ่มต้น

DARPA ได้จัดการแข่งขัน Grand Challenge ขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2547 โดยมีกติกาให้รถขับเคลื่อนอัตโนมัติแบบไร้คนบังคับ แต่ในกรณีที่ต้องการหยุดฉุกเฉิน จะอนุญาตให้สามารถบังคับได้จากระยะไกล ทั้งนี้เส้นทางการแข่งขันนั้นเริ่มจากเมืองบาสโตร (Barstow) รัฐแคลิฟอร์เนีย (California) ถึงเมืองพริม (Primm) รัฐนาเวดา (Nevada) ซึ่งมีระยะทั้งสิ้น 175 ไมล์ ในการแข่งขันครั้งนั้น ทีมที่สามารถทำคะแนนได้สูงสุด คือ “ Red Team” ของ ดร. วิลเลี่ยม วิตเทเคอร์ ทำระยะทางได้ 7.4 ไมล์ ซึ่งไม่ถึง 10% ของเส้นทางทั้งหมด ผลการแข่งขันในครั้งนี้จึงไม่มีใครได้รับรางวัลชนะเลิศ

ต่อมาในปี 2548 ได้มีจัดการแข่งขัน DARPA Grand Challenge ครั้งที่สอง โดยทีมที่ชนะเลิศนั้นมาจากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ซึ่งมีชื่อว่า “Stanley” เข้าเส้นชัย ด้วยระยะ 131 ไมล์ และใช้เวลาทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง 53 นาที โดยชนะทีม“SandStorm” จากมหาวิทยาลัยคาร์เนกี้เมลลอน ไป 11 นาที ซึ่งทีมดังกล่าวประสบปัญหาเครื่องยนต์ดับกลางคัน

ในปี 2550 การแข่งขัน DARPA Grand Challenge ครั้งที่สาม เรียกว่า DARPA Urban Challenge โดยทีมที่ชนะเลิศ คือ ทีม Tartan Racing ซึ่งเป็นการร่วมมือระหว่าง Carnegie Mellon และ General Motors Corporation โดยรถมีชื่อว่า “Boss” รุ่น Chevy Tahoe 2007

2.2.2 การพัฒนาระบบรถอัตโนมัติในประเทศไทย

สำหรับการพัฒนาระบบรถอัตโนมัติในประเทศไทยนั้น ได้มีการจัดตั้งโครงการพัฒนารถอัจฉริยะขึ้น ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่สมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทยจัดทำขึ้น [16] ร่วมกับอาจารย์และนักวิจัย จากมหาวิทยาลัยต่างๆ ในประเทศไทย เพื่อที่จะพัฒนารถให้มีความอัจฉริยะ สามารถขับเคลื่อนจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่อีกที่หนึ่งได้ด้วยตัวเอง โดยปราศจากการบังคับของคน ทั้งนี้เมื่อผู้โดยสารทำการป้อนข้อมูลของสถานที่และจุดหมายที่จะไป รถอัจฉริยะจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดประเภทต่างๆ ที่ติดตั้งมาบนรถ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งปัจจุบันของรถ อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งของรถคันอื่นที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันหรือสวนทางมา อุปกรณ์ตรวจวัดสิ่งกีดขวางบนเส้นทางการเคลื่อนที่ทั้งที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ อุปกรณ์ตรวจวัดเส้นแบ่งบนเส้นทางสัญลักษณ์หรือสัญญาณจราจรอื่นๆ อุปกรณ์การสื่อสารระหว่างรถอัจฉริยะด้วยกัน เป็นต้น แล้วนำข้อมูลจากอุปกรณ์ เหล่านี้มาประมวลผล เพื่อกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ และควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ รถอัจฉริยะจะเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ตำแหน่งปัจจุบันของรถ โดยการใช้

DPU

สัญญาณ GPS ร่วมกับแผนที่ซึ่งมีข้อมูลละติจูด ลองจิจูด รวมถึงข้อมูลของรถอัจฉริยะคันอื่นที่อาจจะวิ่งสวนทางมา หรือกำลังขับเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงข้อมูลของสัญญาณจราจร เช่น สัญญาณห้ามเลี้ยวซ้าย ห้ามเลี้ยวขวา และสัญญาณไฟต่างๆ ในการสร้างรถอัจฉริยะสิ่งที่นำมาใช้พิจารณาประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่

1. **ส่วนทางกล** อาจจะเป็นกลไกพิเศษที่ติดตั้งในรถทั่วไปที่มีขาย ในท้องตลาด และสามารถควบคุมให้เป็นรถอัจฉริยะได้ และอีกแนวทางหนึ่งอาจจะเป็นการบังคับระบบภายในของรถยนต์โดยตรงเลย อีกส่วนคือระบบรองรับการสั่นสะเทือน
2. **ส่วนทางไฟฟ้า** ได้แก่ ระบบเครือข่ายแบบฉลาดและเชื่อถือได้สำหรับรถอัจฉริยะ และระบบกำลังไฟฟ้าสำหรับรถอัจฉริยะ
3. **ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดประเภทต่างๆ** เช่น ระบบการใช้สัญญาณภาพในการตรวจจับถนนและสิ่งกีดขวาง ระบบนำทางบนรถอัจฉริยะ และระบบการหลบหลีกและ การแยกแยะ
4. **ส่วนของระบบควบคุม** คือ ด้านเครื่องยนต์ เบรก และทิศทางการเคลื่อนที่
5. **ส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้** จะใช้ในการแสดงผลและควบคุมทางไกล

ในปี พ.ศ. 2550 บริษัทซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ร่วมกับสมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย (เอไอที) ได้จัดให้มีการแข่งขันแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะขึ้นใช้ชื่อในการแข่งขันว่า การแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย 2007 (Thailand Intelligent Vehicle Challenge 2007) ในการแข่งขันครั้งนี้ ทีมที่ได้รับรางวัลชนะเลิศได้แก่ ทีม Jack-O-Lantern จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 ได้แก่ทีม Aerotronix I จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย [26]

ในปี พ.ศ. 2551 บริษัทซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ร่วมกับสมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย (เอไอที) ได้จัดให้มีการแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะขึ้นใช้ชื่อว่า “การแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย 2008 (Thailand Intelligent Vehicle Challenge 2008)” ทีมที่ได้รับรางวัลชนะเลิศได้แก่ ทีม Arrive จากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และรองชนะเลิศได้แก่ ทีม PAPAYA จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (เอไอที) [27]

ในปี พ.ศ. 2552 บริษัทซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด กับสมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย (เอไอที) ได้จัดให้มีการแข่งขันแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะขึ้นใช้ชื่อในการแข่งขันว่า การแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย 2009 (Thailand Intelligent Vehicle Challenge 2009) ทีมที่ได้รับรางวัลชนะเลิศได้แก่ ทีมขึ้นช่าย จาก สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (เอไอที) และรองชนะเลิศได้แก่ ทีม Air Force II จากโรงเรียนนายเรืออากาศ [28]

DPU

การแข่งขันรถอัจฉริยะชิงแชมป์แห่งประเทศไทยมีบทบาทสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากการแข่งขันในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา ผู้เข้าร่วมแข่งขันทุกคนที่มีความตั้งใจ ความมุ่งมั่น ที่จะสร้างสรรค์ผลงานการประดิษฐ์รถอัจฉริยะ โดยมีสถิติการแข่งขันที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในอนาคตประเทศไทยจะสามารถนำเทคโนโลยีที่มาจากเวทีการแข่งขันหุ่นยนต์ หรือระบบกลไกเครื่องยนต์ที่มาจากการแข่งขันเหล่านี้ นอกจากนี้ได้มีบริษัทของคนไทย ที่ทำการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์จนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริงและเป็นที่ยอมรับ เช่น หุ่นยนต์ดินสอ จากบริษัท CT Asia Robotics [29]

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับ

อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ที่ถูกติดตั้งลงบนรถเปรียบเสมือนประสาทการรับรู้ของมนุษย์ที่จะใช้พิจารณาในการรับรู้ เพื่อประกอบการตัดสินใจ เช่น การมองเห็น การเข้าใจสัญญาณจราจร การรับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวางบนถนน การตัดสินใจเลือกเส้นทางการเคลื่อนที่ตามต้องการ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นในการขับขี่ให้ปลอดภัยเหล่านี้จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่างๆ มาเป็นตัวรับค่าข้อมูล แล้วส่งค่าข้อมูลเหล่านั้นไปให้ระบบตัดสินใจกลางทำการวิเคราะห์ และตัดสินใจว่าจะสั่งการควบคุมรถอย่างไรต่อไป ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งลงบนรถอัตโนมัติมี ดังนี้

DPU

2.3.1 อุปกรณ์ GPS

GPS ย่อมาจาก "Global Positioning System" คือ ระบบที่ระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก จากกลุ่มดาวเทียม 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบโลก ซึ่งถ้ามีอุปกรณ์รับข้อมูลติดตั้งอยู่ จะทำให้สามารถแสดงตำแหน่งนั้นอย่างแม่นยำ

เนื่องจากการที่ระบบ GPS สามารถที่จะจัดเก็บค่าพิกัดได้ด้วยความรวดเร็ว และมีความถูกต้องสูง ซึ่งจะทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้มีการนำระบบ GPS ไปใช้ในงานด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับงานทางด้านแผนที่และงานทางด้านการสำรวจจึงทำให้ระบบ GPS มีความสำคัญมากขึ้น ดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจด้วยระบบ GPS จะมีด้วยกันทั้งหมดในปัจจุบัน 24 ดวง ครบตามที่กระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกากำหนดไว้ในโครงการ GPS โดยที่ดาวเทียมทั้งหมดจะโคจรครอบคลุมทั่วทั้งโลก [17]

การทำงานของ GPS Receiver

การที่เครื่องรับสัญญาณจะสามารถกำหนดค่าพิกัด (X,Y) ได้จะต้องรับสัญญาณดาวเทียมได้อย่างน้อย 3 ดวงขึ้นไป แต่ถ้ารับได้ 4 ดวงก็จะสามารถกำหนดค่าพิกัด (X,Y) พร้อมทั้งค่าความสูง (Z) ของตำแหน่งนั้นได้ด้วย โดยหลักการของเครื่อง GPS คือ ทำการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่อง GPS ซึ่งจะต้องใช้ระยะทางจากดาวเทียมอย่างต่ำ 3 ดวง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่

แน่นอน ซึ่งเมื่อเครื่อง GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 3 ดวงขึ้นไปแล้ว จะมีการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมถึงเครื่อง GPS โดยสูตรคำนวณทางฟิสิกส์คือ ความเร็ว * เวลา = ระยะทาง

ดาวเทียม GPS แต่ละดวงจะส่งกระจายสัญญาณ 2 ชนิดอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ สัญญาณ Standard Positioning Service (SPS) ซึ่งใช้สำหรับบุคคลทั่วไป และสัญญาณ Precise Positioning Service (PPS) ซึ่งใช้สำหรับทางทหาร[17] และเครื่องรับจะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียม อย่างน้อย 3 ถึง 4 ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องจะใช้ดาวเทียม 3 ดวง ในการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งพิกัดเพียงอย่างเดียว โดยกำหนดให้ความสูงคงที่ (ผู้ใช้ต้องป้อนค่าความสูงที่ทราบ ให้กับเครื่อง) และในกรณีที่รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 4 ดวง เครื่องจะใช้ดาวเทียม 4 ดวงในการคำนวณ ตำแหน่งพิกัดและความสูงได้ โดยไม่จำเป็น ต้องป้อนค่าความสูงให้กับเครื่อง

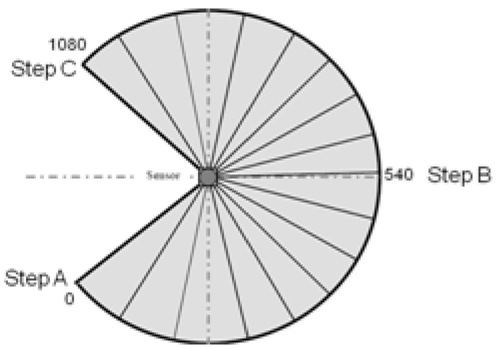
2.3.2 อุปกรณ์ Laser Range Finder

Laser Range Finder เป็นอุปกรณ์ประเภท Sensor ที่ใช้ในการวัดระยะทางโดยการยิงลำแสง Laser ออกไปกระทบกับวัตถุต่างๆ ที่อยู่ด้านหน้า ทำให้ทราบถึงระยะห่างของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 อุปกรณ์ประเภท Laser Range จากบริษัท Hokuyo [23]

รูปที่ 2.1 Laser Range Finder รุ่นต่างๆของบริษัท Hokuyo

DPU

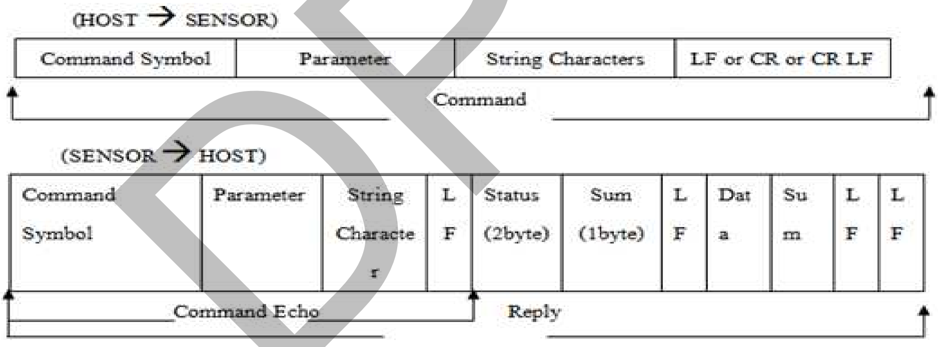
1) การตรวจวัดของ Laser Range



รูปที่ 2.2 ลักษณะการตรวจวัดของ Laser Range [31]

จากรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงมุมทั้งหมดที่ตัวเครื่องสามารถจะอ่านได้ โดยรุ่นที่ใช้นี้เป็นรุ่น UTM-30LX สามารถอ่านได้มุมกว้างสูงสุด 270 องศา ในการอ่านแต่ละครั้งจะอ่านได้ 1080 steps แสดงว่าแต่ละองศาจะมีความละเอียดในการอ่าน 4 steps

2) Format ที่ใช้ในการติดต่อของโปรโตคอล SCIP2.0



รูปที่ 2.3 ลักษณะ Format ที่ใช้ในการติดต่อของ Laser Range [32]

จากรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงตัวอย่างคำสั่งในรูปแบบ SCIP 2.0 เพื่อสั่งการให้เครื่อง Laser Range อ่านค่า ทั้งนี้คำสั่งจะถูกส่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และเมื่อเครื่อง Laser Range ทำการอ่านค่าสมบูรณ์แล้ว จะส่งข้อมูลตอบกลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

3) ชุดคำสั่งที่ใช้ติดต่อกับ Laser Range

DPU

Sensor Information Command

- VV Command เมื่อได้รับคำสั่งจะทำการส่งรายละเอียดต่างๆ กลับมา
- PP Command เมื่อได้รับคำสั่งจะทำการส่งข้อจำกัดของเซนเซอร์กลับมา
- II Command เมื่อได้รับคำสั่งจะทำการส่งสถานภาพการทำงานกลับมา

Measurement Enable/Disable Command

- BM Command เปิดเซนเซอร์ให้พร้อมทำงาน
- QT Command ปิดเซนเซอร์

RS232C Baud Rate Setting Command

- SS Command ใช้เพื่อปรับค่าอัตราการส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับ RS232

Distance Acquisition Command

- MD/MS Command เมื่อเซนเซอร์ได้รับคำสั่ง จะทำการวัดค่าหลังจากประมวลผลคำสั่งเสร็จ
- GD/GS Command เมื่อเซนเซอร์ได้รับคำสั่ง จะส่งค่าที่วัดได้ล่าสุดกลับ

Motor Speed Setting Command

- CR Command ใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์

Time Stamp Adjusting/Acquisition Command

- TM Command ใช้เพื่อปรับค่าเวลา และรับค่าเวลาจากเซนเซอร์ถึงโฮสต์

Reset Command

- RS Command รีเซ็ต

DPU

4) MD/MS Command

คำสั่งนี้ใช้สำหรับสั่งให้เซนเซอร์ทำการตรวจหาระยะทาง ซึ่งเมื่อเซนเซอร์ได้รับคำสั่งแล้วจะทำการส่งข้อมูลมาเป็น Format ซึ่งในส่วนแรกของ Format นั้นคือ Echo เป็นการทวนคำสั่งกลับมายังโฮสท์ จากนั้นต่อท้ายด้วย Data ซึ่งก็ คือ ระยะทางที่ได้จากการสแกน สำหรับคำสั่ง MD และ MS นั้นจะมีการทำงานคล้ายกัน แต่คำสั่ง MD นั้นจะใช้กับข้อมูลแบบ Three Character Encoded Data ส่วนคำสั่ง MS นั้นจะใช้กับข้อมูลแบบ Two Character Encoded Data ซึ่งในที่นี้ข้อมูลของงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นแบบ Three Character Encoded Data ดังนั้นจึงใช้คำสั่ง MD ในการสั่งงาน Laser Range

รูปที่ 2.4 เป็นการแสดงโปรโตคอลสำหรับคำสั่ง MD ที่ส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเซนเซอร์ และรูปที่ 2.5 แสดงโปรโตคอลที่เซนเซอร์จะตอบกลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

(HOST→ SENSOR)

M (4dH)	D (44H) or S (53H)	Starting Step (4bytes)	End Step (4 bytes)	Cluster Count (2bytes)	Scan Interval (1 byte)
Number of Scans (2 bytes)	String Characters (max 16-letters)	LF (1 byte)			

รูปที่ 2.4 ลักษณะ Format ที่ส่งคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ถึง Laser Range

(SENSOR → HOST)

M	D or S	Starting Step	End Step	Cluster Count	Scan Interval
Number of Scans	LF	String Characters	LF		
0	0	P	LF	LF	

รูปที่ 2.5 ลักษณะ Format Echo ที่ได้จาก Laser Range

DPU

MD คือ สัญลักษณ์ของคำสั่งที่ใช้ในการสั่งการให้กับ Laser Range

Starting Step คือ Step เริ่มต้นที่จะให้ Laser Range ทำการ Scan

End Step คือ Step สุดท้ายที่จะให้ Laser Range ทำการ Scan

Cluster Count คือ เมื่อค่าที่ได้จาก Laser Range มีมากกว่า 1 ค่า หรือกำหนดให้Cluster Count มากกว่า 1 Laser Range จะทำการเลือกค่าที่น้อยกว่าให้เป็นค่าจริง ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดให้ Cluster Count เป็น 03 ค่าที่ได้จาก Laser Range จะมี 3 ค่า เช่น 3050, 3055, 3059 Laser Range จะเลือกค่าที่น้อยที่สุดมาเป็นค่าจริงซึ่งก็คือ 3050

Scan Interval คือ การกำหนดรอบที่จะให้ Laser Range ทำการอ่านค่า ยกตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้ Laser Range ทำการ Scan 5 รอบ แล้วให้ Scan Interval เท่ากับ 2 ตัวเครื่องจะส่งค่าที่อ่านได้ในครั้งที่ 1 และข้ามไปอ่านครั้งที่ 3 และ 5 ตามลำดับ

Numbers of Scan คือ จำนวนรอบที่จะให้ Laser Range ทำการ Scan

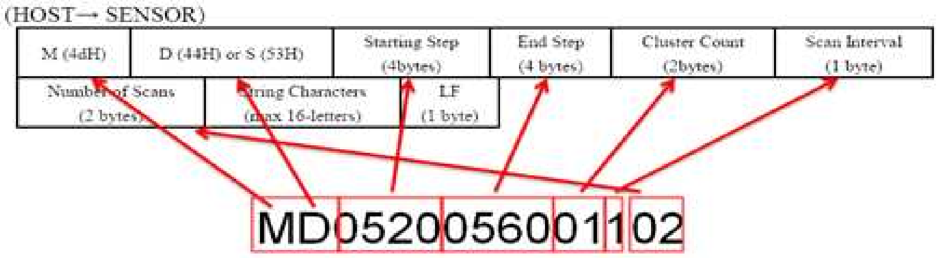
String Character คือ ข้อมูลที่ต้องการจะเพิ่มเติมให้กับ Laser Range

Remaining Scan คือ จำนวนรอบที่เหลือ ที่ Laser Range จะทำการ Scan

Data Block คือ Block ของค่าที่ได้จาก Laser Range ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับ 64Bytes

5) ตัวอย่าง Data Format ที่ได้จาก Laser Range

รูปที่ 2.6 แสดงคำสั่งที่ใช้สั่งการให้ Laser Range อ่านค่าระยะตั้งแต่ Step ที่ 520 ถึง Step ที่ 560 โดยทำการ Scan สองครั้ง คำสั่งที่ใช้คือ MD0520056001102



รูปที่ 2.6 ลักษณะ Format ของ คำสั่ง MD0520056001102

2.3.3 อุปกรณ์กล้อง Webcam

ดวงตานับเป็นอวัยวะสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของมนุษย์ โดยกระบวนการมองเห็นจะเริ่มจาก แสงสะท้อนจากวัตถุเข้าสู่ดวงตาไปยังจอรับภาพ และส่งต่อไปยังสมองเพื่อแปลผลและวิเคราะห์ความหมาย ซึ่งการประมวลผลภาพที่เป็นเรื่องไม่ยากสำหรับมนุษย์ แต่เป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากสำหรับระบบอัตโนมัติ โดยกระบวนการตีความและทำความเข้าใจกับภาพนี้รวมเรียกว่ากระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) [18]

ความพยายามทางด้านการประมวลผลภาพได้เริ่มขึ้นในปี 1964 ณ ห้องปฏิบัติการ Jet Propulsion (Pasasena California) [18] ซึ่งได้นำกระบวนการการประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่า Digital image processing ซึ่งหลังจากนั้นงานทางด้านการประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้นเป็นลำดับ และถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางเช่น ด้านการสื่อสารโทรคมนาคม การสื่อสารทางโทรทัศน์ การพิมพ์ กราฟิก การแพทย์ และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

Digital image processing จะเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล (Digital format) ซึ่งสามารถที่จะนำข้อมูลนี้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยดิจิตอลคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ข้อมูลที่ปรากฏจะอยู่ในรูปแบบดิจิตอลทั้งอินพุตและเอาต์พุต

Digital image analysis จะเกี่ยวกับกระบวนการในการอธิบายและการจดจำข้อมูลภาพดิจิตอล ซึ่งอินพุตของระบบจะเป็นข้อมูลภาพดิจิตอล แต่เอาต์พุตจะเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิตอลเหล่านั้น การวิเคราะห์ภาพที่ได้ประยุกต์มาจากการทำงานของตามนุษย์ (human vision) เรียกว่างานทางด้าน Computer Vision ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับ Digital image analysis นั่นเอง

กล้องเว็บแคมคือกล้องวีดีโอที่สามารถส่งผ่านข้อมูลภาพที่ต่อเนื่องให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริง ในปัจจุบันกล้องเว็บแคมได้ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก และมีคุณภาพดีเพียงพอ โดยค่าความละเอียดที่ได้มีตั้งแต่ 320 x 240 pixel ไปจนถึงความละเอียด 800 x 600 pixel [30]

DPU

2.3.4 อุปกรณ์ Digital Compass Module

Digital Compass Module (โมดูลเข็มทิศดิจิตอล) ออกแบบมาสำหรับช่วยในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติ และนำมาใช้ ในการสร้างเครื่องมือวัดและตรวจสอบทิศระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยอุปกรณ์สำคัญคือ ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กจำนวน 2 ตัว เพื่อให้มีความไวเพียงพอในการตรวจจับสนามแม่เหล็กโลก (Earth magnetic field) และไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรับสัญญาณจากตัวตรวจจับมาประมวลผลเป็นข้อมูลดิจิตอลและสัญญาณพัลส์สำหรับแจ้งผลการวัดทิศทาง [24]

การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

การอ่านค่าทิศทางจากเอาต์พุตสัญญาณพัลส์

การอ่านค่าสัญญาณในโหมดนี้ เป็นการนำค่าความกว้างพัลส์ที่ได้จากเอาต์พุตสัญญาณพัลส์ของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล มาระบุตำแหน่งองศา จาก 0 ถึง 359.9 องศา โดยมีย่านของค่าความกว้างสัญญาณพัลส์ จาก 1 มิลลิวินาทีไปจนถึง 36.99 มิลลิวินาที มีความละเอียด 0.1 มิลลิวินาทีต่อองศา ในสัญญาณพัลส์แต่ละไซเคิล มีช่วงลอจิก 0 กว้าง 65 มิลลิวินาที

ดังนั้นในการนำสัญญาณพัลส์มาประมวลผลเป็นค่ามุม จึงต้องใช้การนับความกว้างของสัญญาณพัลส์เป็นหลักในการคำนวณหาค่ามุมที่โมดูลเข็มทิศดิจิตอลวัดได้

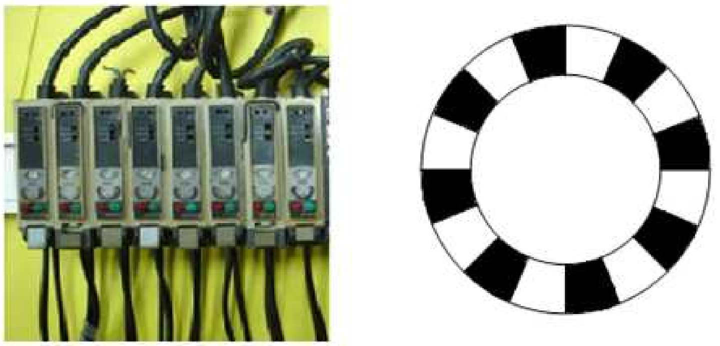
การอ่านค่าทิศทางเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I^2C

การอ่านค่าจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล ให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำสูงควรเลือกเอาต์พุตข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I^2C โดยการนำค่าข้อมูลดิจิตอลของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล มาระบุตำแหน่งองศา จาก 0 ถึง 359.9 องศา โดยค่าข้อมูลดิจิตอลจะสามารถส่งข้อมูลของตำแหน่งออกมาที่ความละเอียดสูงสุด 0.1 องศา โดยไม่จำเป็นต้องมีการคำนวณหรือแปลงค่าใด ๆ อีก

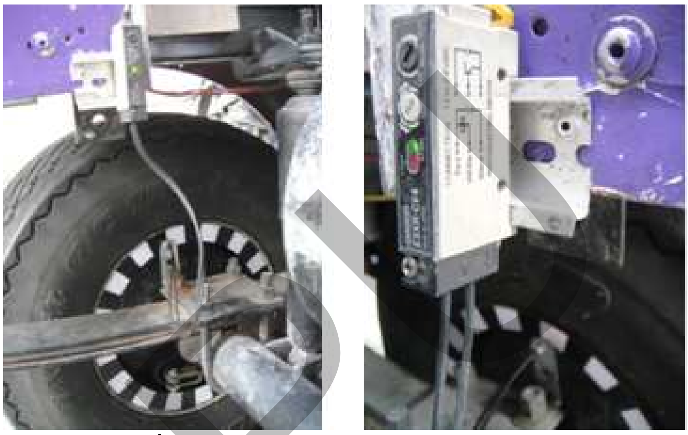
2.3.5 อุปกรณ์ Wheel Encoder

อุปกรณ์ Wheel Encoder ได้มีการออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อช่วยในการหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ โดยอุปกรณ์ Wheel Encoder ได้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับแสง และจานแถบสีขาว-ดำ ดังรูปที่ 2.7

DPU



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ตรวจจับแสง และจานแถบสีขาว-ดำ



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ Wheel Encoder

DPU

อุปกรณ์ตรวจจับแสง จะอาศัยหลักการสะท้อนของแสง กล่าวคือ จะมีอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง ปล่อยแสงออกไป และเมื่อแสงกระทบกับจานแถบสีขาว-ดำ ก็จะเกิดการสะท้อนแสงกลับมา เข้าที่ตัวรับแสง ทั้งนี้อัตราส่วนของการสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับสี และสภาพความมันวาวของวัตถุที่สะท้อน เช่น ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับแสงปล่อยแสงออกไปกระทบกับพื้นผิวสีดำ ซึ่งมีอัตราการสะท้อนกลับน้อย อุปกรณ์รับแสงก็จะตรวจจับได้แสงน้อยและคำนวณเป็นค่าลอจิก “0” แต่ถ้าอุปกรณ์ตรวจจับแสงปล่อยแสงออกไปกระทบกับพื้นผิวสีขาว ซึ่งมีอัตราการสะท้อนแสงกลับมาก ตัวรับแสงก็จะแปลความว่าเป็นลอจิก “1”

2.4 การประมวลผลภาพ

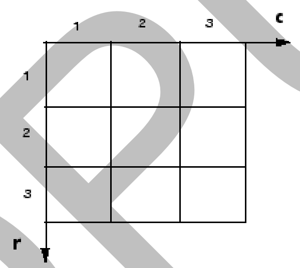
การประมวลผลภาพของงานวิจัยการพัฒนาระบบรถอัจฉริยะ ใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพจาก Webcam ดังนั้น หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะเป็นเรื่องของการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) โดยสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากหนังสือเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ [18-19]

ในที่นี้จะสรุปเนื้อหาเบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพในหัวข้อ ความรู้พื้นฐานด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล ระบบสีและการแปลงระบบสี การทำ Threshold การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) การหาขอบของวัตถุ

2.4.1 ความรู้พื้นฐานด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล

การประมวลผลภาพดิจิตอล จะเกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล เพื่อที่จะสามารถนำเอาข้อมูลนี้ไป ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งการรับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจะอยู่ในรูปแบบดิจิตอลเท่านั้น

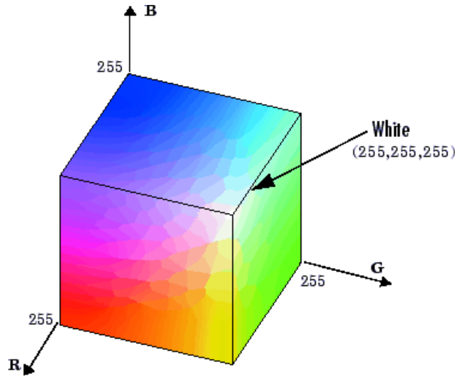
ในการประมวลผลภาพดิจิตอล เมื่อระบบได้รับข้อมูลภาพเข้าไปแล้วจะทำการคำนวณและส่งออกมาเป็นข้อมูลที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิตอลเหล่านั้น การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปร Array ดังรูปที่ 2.9 โดยค่าในแต่ละช่องจะแสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (Pixel) และตำแหน่งของช่อง Array เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ



รูปที่ 2.9 พิกัดของระบบภาพดิจิตอล

2.4.2 ระบบสีสำหรับภาพดิจิทอล

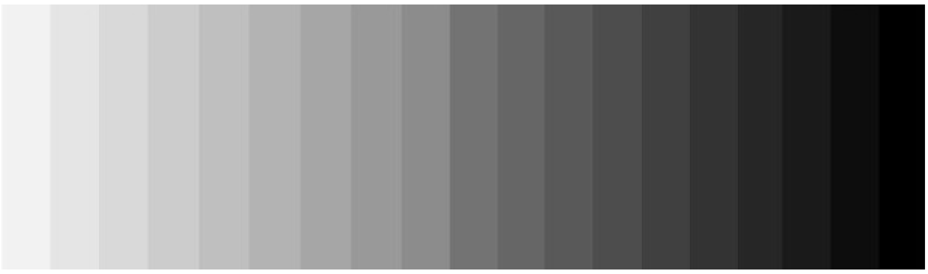
ระบบสี RGB คือระบบที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ค่าใดค่าหนึ่งหรือหลายๆ ค่ารวมกัน โดยแต่ละสีจะมีค่าตั้งแต่ 0 - 255 ดังรูป 2.10 ซึ่งระบบสี RGB จะได้จากการถ่ายภาพของกล้อง Webcam โดยจะนำภาพที่ได้ไปเข้ากระบวนการแปลงระบบสี



รูปที่ 2.10 ระบบสี RGB [18]

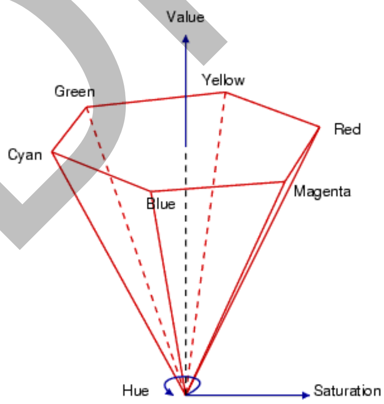
DPU

ระบบสี Grayscale คือระบบที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเท่ากัน ภาพจึงออกมาในโทนสีขาวดำ โดยจะนำระบบสี Grayscale ไปเข้ากระบวนการทำ Threshold



รูปที่ 2.11 ระบบสี Grayscale [18]

ระบบสี HSV (Hue, Saturation, Value) Color Model ถูกเสนอโดย A.R. Smith (1978) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้สะดวกในการใช้สีต่างๆ มากกว่าที่ใช้เฉพาะแม่สีทั้งสาม โดยแบบจำลองสี HSV จะให้ความหมายที่ดีกว่า เมื่อกล่าวถึง สีต่าง ๆ ในเชิงศิลปะ เช่น เมื่อพูดถึงสีเหลืองในทางศิลปะจะมีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาสีเหลืองอ่อน สีเหลืองแก่ หรือสีน้ำตาลว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร จะพบว่าทุกสี คือสีเหลือง ที่มีระดับความเข้มหรือมีความอิ่มตัวที่แตกต่างกัน ดังนั้น HSV เป็นระบบสีที่อาศัยหลักการใช้ Hue, Saturation และ Value ซึ่งโมเดลสีนี้ประกอบด้วย 3 ค่า ได้แก่ [20]



รูปที่ 2.12 ระบบสี HSV [18]

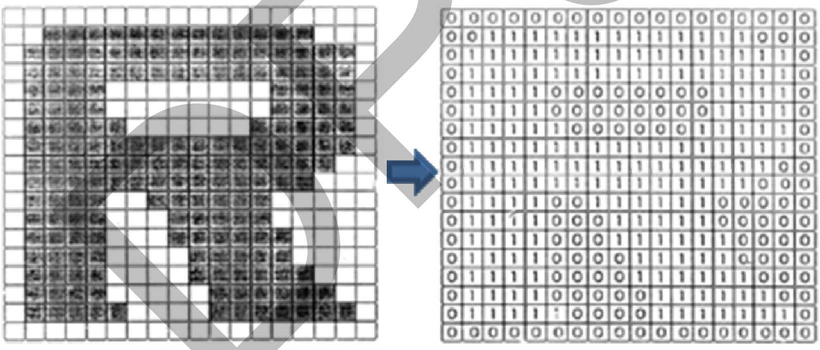
H หมายถึง Hue คือค่าของสี เช่นสีแดง สีเหลือง สีเขียว วัดเป็นมุมระหว่าง 0 – 360 องศา ซึ่งสีแดง สีเหลือง และสีเขียวจะมีค่าต่างกันสีละ 60 องศา

DPU

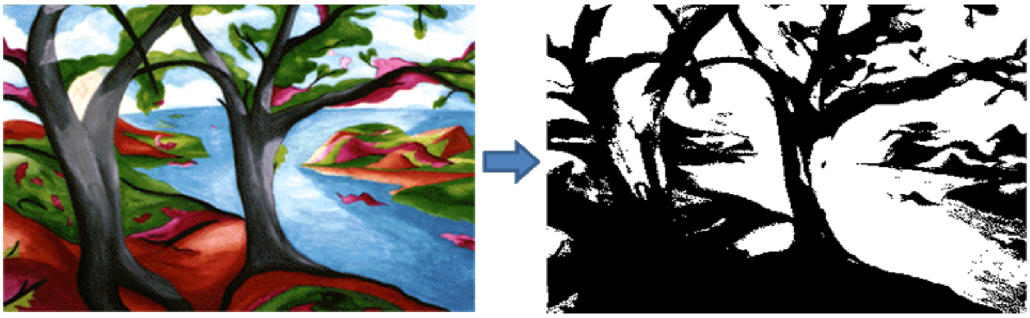
S หมายถึง Saturation คือค่าความเข้มของเนื้อสี หรือค่าความบริสุทธิ์ของสี ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่า สีที่ได้จะเป็นสีขาว แต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 หมายความว่า ไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่

V หมายถึง Value หรือ Brightness คือ ความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดยภาพจะสว่างมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อ Brightness มีค่าเพิ่มขึ้น โดย Value สูงสุดก็คือสีขาว และValue ต่ำสุด คือสีดำ

ภาพไบนารี่ (Binary Image) [14] คือ ภาพที่มีความแตกต่างกันอยู่สองระดับคือ ขาวกับดำ โดยใช้ 0 และ 1 เป็นตัวระบุลักษณะขาวหรือดำ การมีความเข้มเพียงสองระดับในภาพไบนารี่ทำให้สามารถที่จะเลือกพิจารณาให้ความเข้มระดับหนึ่งแทนภาพของสิ่งที่สนใจ โดยจะเรียกพิกเซลที่มีความเข้มระดับนี้ว่าพิกเซลภาพ และความเข้มอีกระดับแทนพื้นหลังโดยพิกเซลที่มีความเข้มระดับนี้จะถูกเรียกว่าพิกเซลพื้นหลัง ในทางปฏิบัติในการพิจารณาภาพไบนารี่ มักจะไม่พิจารณาแต่ละพิกเซลแยกกันไป แต่จะสนใจ กลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน หรือที่เรียกว่าพิกเซลเพื่อนบ้าน (connected) ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ซึ่งเป็นการระบุค่าของสีในลักษณะเพียง 0 กับ 1 สำหรับรูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของภาพสีเทียบกับภาพไบนารี่



รูปที่ 2.13 รูปการสร้างภาพไบนารี [20]



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการแปลงภาพเป็นแบบ Binary [20]

2.4.3 การแปลงระบบสี

การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี Grayscale นั้นจะทำการคิดคำนวณค่าในแต่ละจุดสี โดยแทนค่า RGB ทั้งสามค่าใหม่ตามสมการที่ 2.1 [20]

$$\text{Intensity} = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.1140 \times B \tag{2.1}$$

สมการที่ 2.1 คือการแปลงระบบ RGB เป็นระบบสี Grayscale โดย Intensity คือ ค่าใหม่ของระบบสี Grayscale R คือ ค่าของสีแดง G คือ ค่าของสีเขียว และ B คือ ค่าของสีน้ำเงิน

การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HSV นั้นมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.2) (2.3) และ (2.4) [20]

กำหนดให้

R G B แทน ค่าของสีใน RGB Model มีค่าระหว่าง 0.0 – 1.0

H S V แทน ค่าของสีใน HSV Model

max = ค่าสูงสุดใน (R, G, B)

min = ค่าต่ำสุดใน (R, G, B)

$$H = \begin{cases} 60 \times \frac{G-B}{max-min} & \text{เมื่อ } max = R \\ 60 \times \frac{B-R}{max-min} + 120 & \text{เมื่อ } max = G \\ 60 \times \frac{R-G}{max-min} + 240 & \text{เมื่อ } max = B \end{cases} \tag{2.2}$$

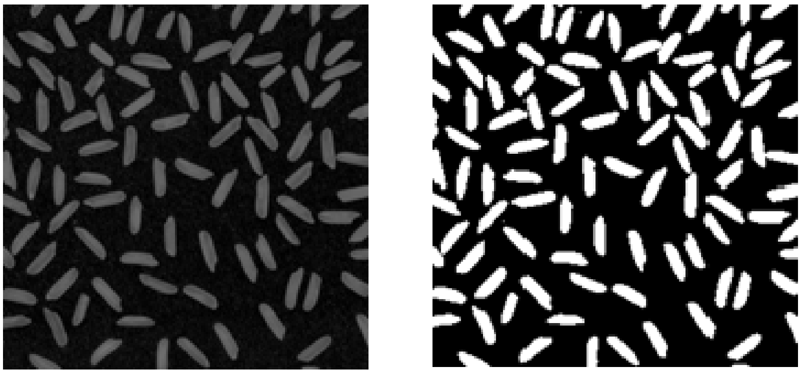
$$S = 60 \times \frac{max-min}{max} \tag{2.3}$$

$$V = max \times 100 \tag{2.4}$$

2.4.4 การทำ Threshold

Threshold เป็นการแปลงภาพระบบ Grayscale ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 255 ให้เป็นภาพที่มีค่าเพียงสองระดับ (Binary Image) โดยมีเงื่อนไขว่า ถ้าความเข้มแสงของจุดภาพใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold ให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเป็นสีดำ และจุดภาพใดที่มีค่าสูงกว่าค่า Threshold ให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 1 หรือสีขาว ดังรูปที่ 2.15

DPU



รูปที่ 2.15 ภาพในระบบสี Grayscale และภาพที่ทำ Threshold [20]

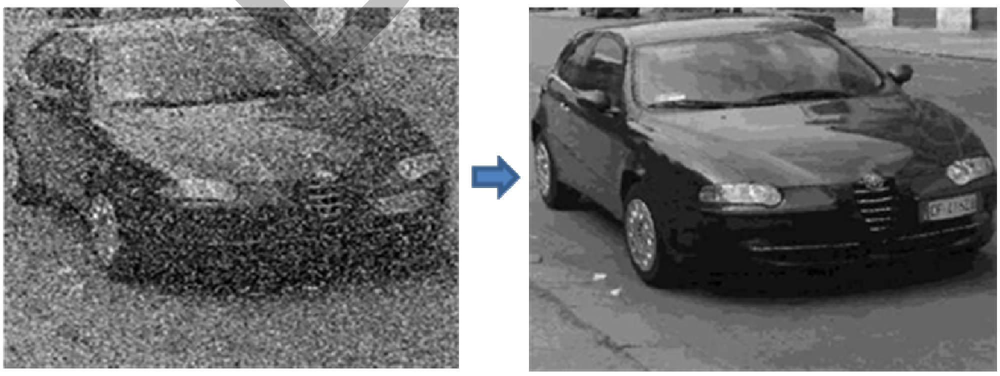
2.4.5 การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering)

การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) [14] คือ การนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

การกรองข้อมูลภาพ คือ การประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากในการใช้งานจริง ภาพที่ได้มักมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่ด้วย การกรองข้อมูลภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นเพื่อให้เหมาะแก่การประมวลผลในขั้นต่อไป

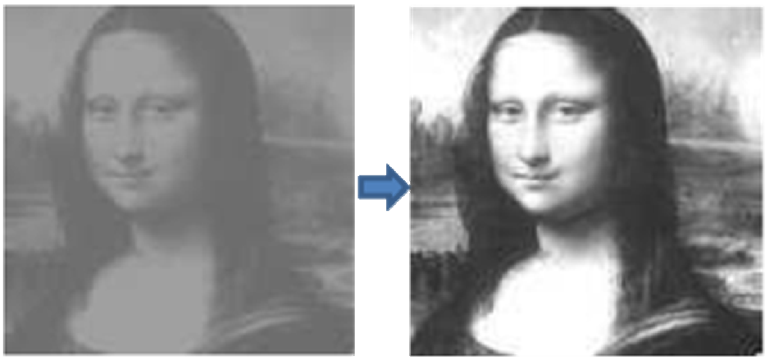
DPU

การปรับปรุงภาพที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) เช่น จุดเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นในภาพ



รูปที่ 2.16 ภาพก่อนและหลังการกำจัด Noise [20]

การปรับความคมชัด (Contrast) คือ ลักษณะความเด่นชัดของเส้นและขอบ



ก่อนปรับ หลังปรับ

รูปที่ 2.17 ภาพก่อนและหลังการปรับความคมชัด [20]

DPU

2.4.6 Edge Detection

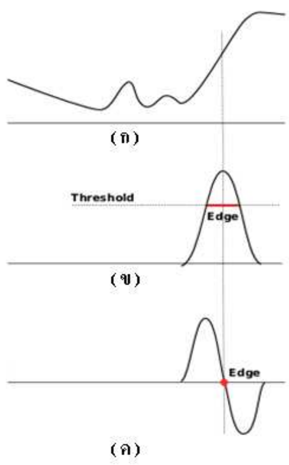
Edge Detection (การหาขอบภาพ) เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพดิจิทัล เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของพื้นที่หรือจดจำชนิดของวัตถุนั้นได้ โดย การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ และมีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ ซึ่งขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากความแตกต่างนั้นมีค่ามากขอบภาพก็จะเห็นได้ชัดเจน ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อยขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน ซึ่งวิธีการหาขอบภาพนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ Gradient method และ Laplacian method [21] ในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Gradient method

จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold [21] (รูปที่ 2.18 (ข)) จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt, Sobel, Frie Chen และ Canny

Laplacian method

จะหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 โดยใช้จุดที่ค่า y เป็น 0 (Zerocrossing) (รูปที่ 2.18 (ค)) ซึ่งจะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า Gradient method ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น [21]



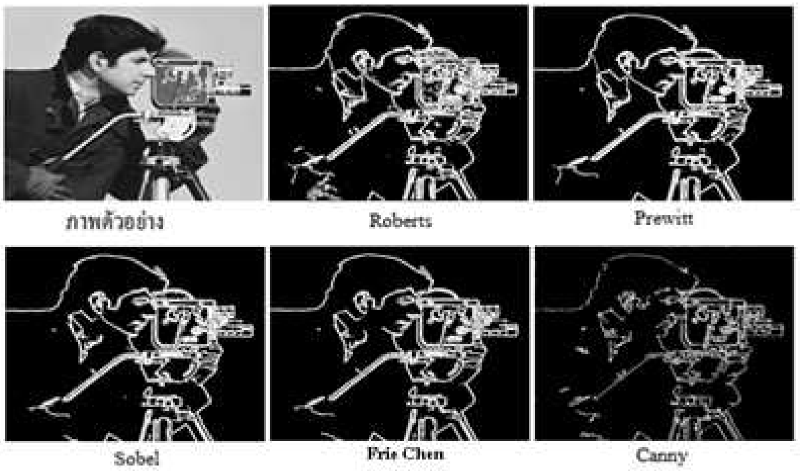
รูปที่ 2.18 หลักการของการหาขอบด้วยวิธีต่างๆ [21]

(ก) ข้อมูลมีความแตกต่างของระดับความเข้มของสี (GIMP 2004)

(ข) การหาขอบด้วยวิธี Gradient method

(ค) กราฟการหาขอบด้วยวิธี Laplacian method

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Matlab ในการหาขอบภาพ ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้ในการหาขอบทั้งหมด 5 วิธี ดังนี้ Roberts, Prewitt, Soble, Frie Chen และ Canny ซึ่งในการหาขอบภาพทั้ง 5 วิธีนี้สามารถนำมาใช้ในการหาขอบภาพได้ทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธี Canny ในการหาขอบภาพ เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีการใช้ Gaussian filter ก่อนการหาขอบจึงสามารถควบคุมระดับความละเอียดของขอบที่ต้องการและสามารถลดสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย ตัวอย่างภาพที่ผ่านการหาขอบทั้ง 5 วิธีโดยใช้โปรแกรม Matlab ได้แสดงในรูปที่ 2.19 ซึ่งจากรูปตัวอย่างจะพบว่าการหาขอบภาพ ด้วยวิธี Canny จะให้รายละเอียดได้ดีที่สุดและใช้ได้ในกรณีที่ความแตกต่างของสีมีน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

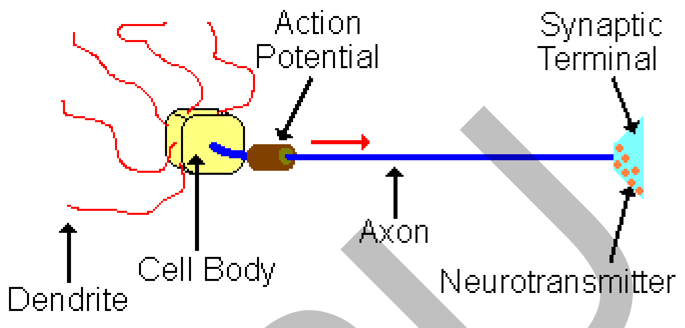


รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการหาขอบภาพโดยใช้ Edge detector แบบต่างๆ [20]

DPU

2.5 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) [14,30] หรือที่มักจะเรียกสั้นๆ ว่า ข่ายงานประสาท (Neural Network หรือ Neural Net) คือ โมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนคชันนิสต์ (Connectionist) แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาท หรือ นิวรอน (Neurons) และ จุดประสานประสาท (Synapses) ตามโมเดลนี้ ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน



รูปที่ 2.20 โครงสร้างเซลล์สมอง [14]

หลักการของ Neural Network คือ การประสานช่องว่างระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ โดยจำลองการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทของมนุษย์มาไว้บนคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีหลักการ คือ การเรียนรู้ จากตัวอย่างที่มีอยู่ หรือกล่าวได้ว่าเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการดังกล่าวต่างจาก von Neumann machines ซึ่งมีพื้นฐานเป็นการประมวลผลทางด้านข้อมูล ทั้งนี้ neural network ก็มีข้อจำกัดคือผลลัพธ์ที่ได้จาก Neural Network หรือ ค่าน้ำหนัก (Weight) ไม่ได้ระบุถึงเหตุผลว่า ทำไมถึงได้คำตอบเช่นนี้ อย่างไรก็ตาม neural network เหมาะสำหรับแก้ปัญหาหลักๆ 3 ประเภท คือ

1. ปัญหาที่ไม่สามารถสร้าง Algorithmic Solution
2. ปัญหาที่เรามีตัวอย่างของพฤตติกรรมมากๆ
3. ปัญหาที่เราต้องการดึงโครงสร้าง ออกจากข้อมูลที่มีอยู่

สิ่งที่ต้องทราบในการใช้ Neural Network จะมี 3 ประการ คือ

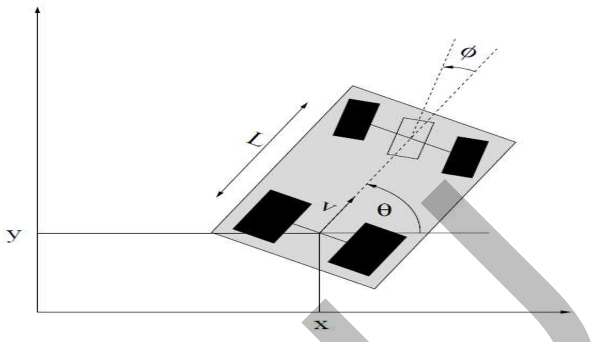
1. สามารถกำหนด input ที่ชัดเจน กล่าวคือ ต้องทราบว่าคุณลักษณะของข้อมูลใดเป็นคุณลักษณะที่สำคัญและส่งผลต่อผลลัพธ์
2. สามารถกำหนด output ที่ชัดเจน ซึ่งจะต้องทราบว่า ต้องการให้ระบบทำนายค่าของอะไร

DPU

3. ประสบการณ์ต้องมีอย่างเพียงพอ กล่าวคือต้องมีตัวอย่างมากพอในการเรียนรู้

2.6 การประมาณการเคลื่อนที่

ระบบ Odometry เป็นการนำค่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ เช่น จำนวนรอบที่ได้จาก Encoder และทิศทางของรถจาก Digital Compass Module มาทำการหาพิกัดโดยประมาณ ซึ่งจะนำค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับ มาเข้าสูตรสมการเพื่อทำการคำนวณหาพิกัด



รูปที่ 2.21 โมเดลจำลองการเคลื่อนที่ของรถ [22]

DPU

จากรูปที่ 2.21 เป็นภาพของรถและระบบรวมที่ถูกใช้งานซึ่งมีตัวแปรต่างๆ ดังนี้

ϕ คือ ค่าองศาการเลี้ยวของล้อรถ

θ คือ ทิศทางหน้ารถ

L คือ ระยะระหว่างแกนล้อหน้ากับแกนล้อหลัง (ซม.)

V คือ ความเร็วของรถ

โดยจะทำการนำค่าข้อมูลที่ได้ทั้งหมดในข้างต้นมาคำนวณเข้าสูตร ดังต่อไปนี้ [22]

การคำนวณหาระยะทาง

$$\text{distance} = \frac{\Delta\text{encoder} \times 2\pi r}{\text{tick}} \tag{2.5}$$

$$\Delta\text{encoder} = \frac{\Delta\text{encoder}_{left} + \Delta\text{encoder}_{right}}{2} \tag{2.6}$$

$$\Delta\text{encoder}_{right} = \text{encoder}_{right_current} - \text{encoder}_{right_previous} \tag{2.7}$$

$$\Delta\text{encoder}_{left} = \text{encoder}_{left_current} - \text{encoder}_{left_previous} \tag{2.8}$$

สมการที่ 2.5 เป็นสมการหาระยะทาง (distance) โดยมาจากค่าผลต่างของ Encoder (Δencoder) คูณกับเส้นรอบวงของ Wheel encoder ($2\pi r$) โดยที่ r คือรัศมีของ Wheel encoder แล้วนำมาหารด้วยจำนวนนับของ Wheel encoder ต่อหนึ่งรอบ (tick)

สมการที่ 2.6 เป็นสมการหาผลต่างของ Encoder (Δencoder) โดยได้มาจากการนำผลต่างของ Encoder ของล้อซ้าย($\Delta encoder_{left}$)บวกกับผลต่างของ Encoder ของล้อขวา ($\Delta encoder_{right}$) แล้วหารเฉลี่ยด้วย 2

สมการที่ 2.7 เป็นสมการหาผลต่างของ Encoder ล้อขวา ($\Delta encoder_{right}$) โดยได้จากการนำค่า Encoder ของล้อขวาปัจจุบัน ($encoder_{right_current}$) กับค่า Encoder ที่แล้วของล้อขวา ($encoder_{right_previous}$) มาลบกัน

สมการที่ 2.8 เป็นสมการหาผลต่างของ Encoder ล้อซ้าย ($\Delta encoder_{left}$) โดยได้จากการนำค่า Encoder ของล้อซ้ายปัจจุบัน ($encoder_{left_current}$) กับค่า Encoder ที่แล้วของล้อซ้าย ($encoder_{left_previous}$) มาลบกัน

การคำนวณหาความเร็ว

$$speed = \frac{distance}{time} \qquad (2.9)$$

สมการที่ 2.9 เป็นสมการหาความเร็วนั้นจะได้จากการนำค่าระยะทาง (distance) ที่ได้จากสมการที่ 2.5 หารกับ Time stamp (time) ซึ่งได้จาก Message format 'tixxxx'

การคำนวณหาพิกัดตำแหน่งและทิศทาง

$$x_{new} = x_{old} + \dot{x} \text{ โดยที่ } \dot{x} = \cos\theta_{previous} \times speed \times time \qquad (2.10)$$

$$y_{new} = y_{old} + \dot{y} \text{ โดยที่ } \dot{y} = \sin\theta_{previous} \times speed \times time \qquad (2.11)$$

$$\theta_{new} = \theta_{old} + \dot{\theta} \text{ โดยที่ } \dot{\theta} = \frac{\tan\emptyset}{L} \times speed \qquad (2.12)$$

สมการที่ 2.10 เป็นสมการหาพิกัดในแนวแกน X โดยตำแหน่ง X ใหม่ (x_{new}) จะเท่ากับตำแหน่ง X เก่า (x_{old}) บวกกับ $\dot{x}$ โดยที่ $\dot{x}$ เท่ากับค่า cos ของทิศทางหน้ารถที่($\cos\theta_{previous}$) คูณกับความเร็ว (speed) และ time stamp (time)

สมการที่ 2.11 เป็นสมการหาพิกัดในแนวแกน Y โดยตำแหน่ง Y ใหม่ (y_{new})จะเท่ากับตำแหน่ง Y เก่า (y_{old}) บวกกับ $\dot{y}$ โดยที่ $\dot{y}$ เท่ากับค่า sin ของทิศทางหน้ารถที่แล้ว ($\sin\theta_{previous}$) คูณกับความเร็ว (speed) และ Time stamp (time)

DPU

สมการที่ 2.12 เป็นสมการหาทิศทางหน้ารถโดยทิศทางใหม่ (θ_{new})จะเท่ากับทิศทางเก่า (θ_{old}) บวกกับ $\dot{\theta}$ โดยที่ $\dot{\theta}$ เท่ากับค่า tan ขององศาการเลี้ยวของล้อรถหารด้วยระยะระหว่างแกนล้อหน้ากับแกนล้อหลัง ($\frac{\tan \emptyset}{L}$) คูณกับความเร็ว (Speed)

หลังจากนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับมาทำการคำนวณผ่านสมการต่างๆแล้ว จึงได้ค่าพิกัด x,y และทิศทางของรถใหม่ ซึ่งจะนำค่าพิกัดที่ได้จาก Odometry ไปรวมกับค่าที่ได้จาก GPS เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้ค่าพิกัดตำแหน่งของรถ

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลัง เพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่างๆเพิ่มเติม ไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุต(Input) หรือเอาต์พุต(Output) บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นต้น [19] รูปที่ 2.22 ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 2.22 อุปกรณ์ Microcontroller ตระกูล Atmel AVR-128 [25]

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

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้งานในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เช่น คอมพิวเตอร์แบบพกพา ตัวต้านทาน แท่นบังคับ และEncoder รวมถึงการใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์

2.8 สรุป

จากเนื้อหาที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆ เพื่อพัฒนาระบบย่อยประกอบกับได้ศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบอัตโนมัติต่างๆ ที่เคยมีมาก่อนหน้านี้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ผู้พัฒนากำหนดแนวทาง และเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย ดังนี้

- **ระบบระบุตำแหน่ง และระบบนำทางด้วยแผนที่** ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี และอุปกรณ์ GPS เป็นอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อใช้ระบุตำแหน่ง และนำไปพัฒนาต่อให้สามารถเป็นระบบนำทางโดยใช้แผนที่ได้
- **ระบบระบุสิ่งกีดขวาง** ใช้ Laser Range Finder เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ ทำหน้าที่ในการระบุให้ได้ว่ามีสิ่งกีดขวางหรือไม่ รวมทั้งขนาด และระยะห่างของรถกับสิ่งกีดขวาง
- **การระบุขอบทาง และการวิเคราะห์ป้ายจราจร** ใช้การประมวลผลเชิงภาพ (Digital Image Processing) ในการหาขอบของวัตถุ หรือการรู้จำสัญลักษณ์ต่างๆ อุปกรณ์ตรวจจับที่นำมาพัฒนาคือ USB Webcam camera และ Digital camera
- **Digital Compass Module** ใช้ในการบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ
- **Wheel Encoder** ใช้ในการหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ
- **การประมาณการเคลื่อนที่** จะเป็นการนำค่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ เช่น จำนวนรอบที่ได้จาก Encoder และทิศทางของรถจาก Digital Compass Module มาทำการหาพิกัดโดยประมาณ
- **ไมโครคอนโทรลเลอร์** ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ อุปกรณ์มอเตอร์ และใช้ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับอื่นๆ อีกด้วย

DPU

บทที่ 3

การออกแบบ และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบรถอัจฉริยะสำหรับการเคลื่อนที่อัตโนมัตินั้น จำเป็นต้องรู้ถึงโครงสร้างโดยรวมทั้งหมดของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติ เพื่อให้ทราบถึงแนวทาง การออกแบบและการปฏิบัติงาน ซึ่งในการปฏิบัติงานในส่วนย่อยต่างๆ จะมีการพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์ ควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ สำหรับการพัฒนาระบบต่างๆ ในลักษณะนี้จะทำให้เห็นข้อเด่นและข้อด้อยของระบบฮาร์ดแวร์ และระบบซอฟต์แวร์ เมื่อเกิดปัญหาข้อผิดพลาดหรือความขัดแย้งกันของทั้งสองระบบ การแก้ปัญหาจะสามารถทำได้อย่างทันท่วงที และหาข้อสรุปที่ลงตัวกันได้โดยไม่จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนโครงสร้างของระบบใดมากนัก อีกประการหนึ่งการนำอุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่างกันมาใช้งานร่วมกัน โดยแต่ละอุปกรณ์ก็จะมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ การโปรแกรมให้อุปกรณ์ทุกตัวสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะทำโดยระบบตัดสินใจกลางซึ่งมีหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุม และการเชื่อมต่อของระบบทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยระบบตัดสินใจกลางจะรับค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ที่ติดตั้งไว้บนตัวรถอัตโนมัติมาประมวลผล และวิเคราะห์ค่าที่นำเข้ามา หลังจากนั้นระบบตัดสินใจกลางจะส่งคำสั่งควบคุมไปยังอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้รถสามารถทำงาน และเคลื่อนที่ไปได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้สะดวกในการพัฒนาระบบรถอัจฉริยะได้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 7 ส่วน ดังนี้

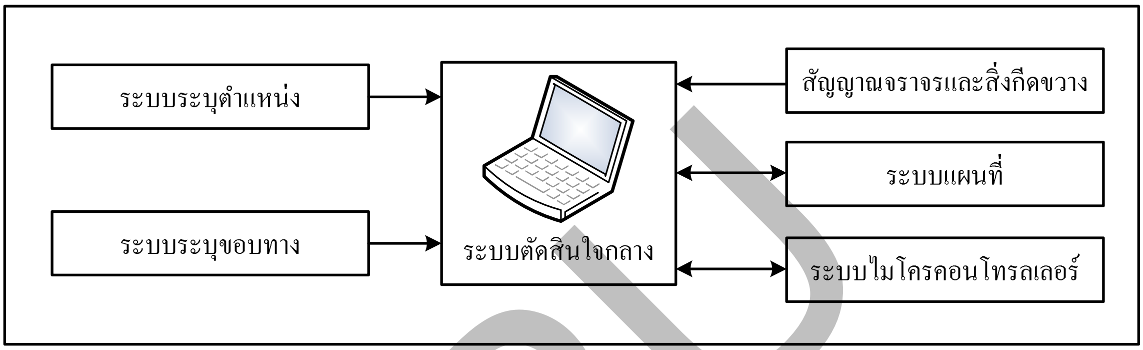
- การออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบรถอัจฉริยะโดยรวม
- การดัดแปลงและปรับปรุงระบบรถไฟฟ้า
- ระบบตัดสินใจกลาง
- ระบบระบุขอบทาง
- ระบบระบุตำแหน่ง
- ระบบระบุทิศทางด้วยแผนที่
- ระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง

โดยแต่ละส่วนจะอธิบายแผนการดำเนินการ ข้อมูลเชิงเทคนิค รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบรถอัตโนมัติ และตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งจะขยายความในหัวข้อถัดไป

DPU

3.1 การออกแบบระบบรถอัจฉริยะโดยรวม

ระบบโครงสร้างของระบบรถอัจฉริยะ เกิดจากการนำระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของรถขณะเคลื่อนที่ และระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการเชื่อมต่อกันโดยมีระบบตัดสินใจกลางเป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อระบบย่อยต่างๆ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เข้ามาจากระบบย่อย แล้วส่งคำสั่งควบคุมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนตัวรถสั่งงานให้รถเคลื่อนที่ไปบนถนนได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถอธิบายทิศทางการส่งข้อมูลและการเชื่อมต่อของระบบย่อยกับระบบตัดสินใจกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

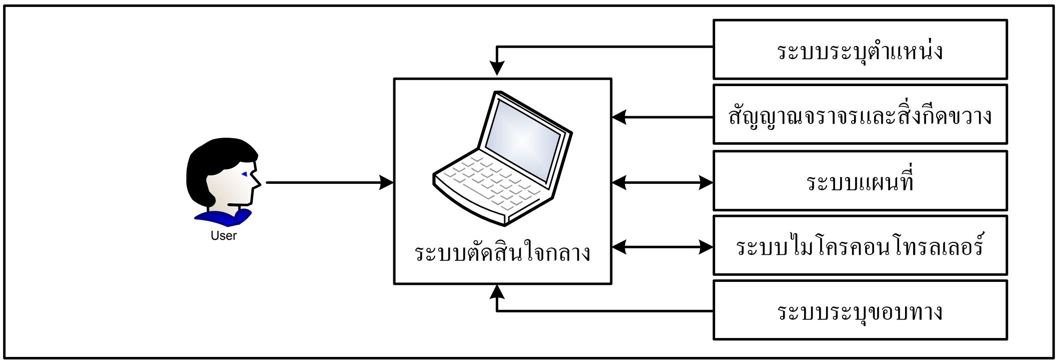


รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบรถอัจฉริยะ

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นความสัมพันธ์ของทั้ง 5 ระบบย่อย และระบบตัดสินใจกลางเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ทำให้เกิดระบบรถอัตโนมัติขึ้นมา โดยจำแนกอธิบายแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.1.1 แผนการทำงานของระบบตัดสินใจกลาง

ระบบตัดสินใจกลาง คือ โปรแกรมที่ทำงานอยู่บนเครื่องประมวลผล ทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลที่รับมาจากระบบย่อยต่างๆ และส่งคำสั่งควบคุมต่างๆ ให้ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



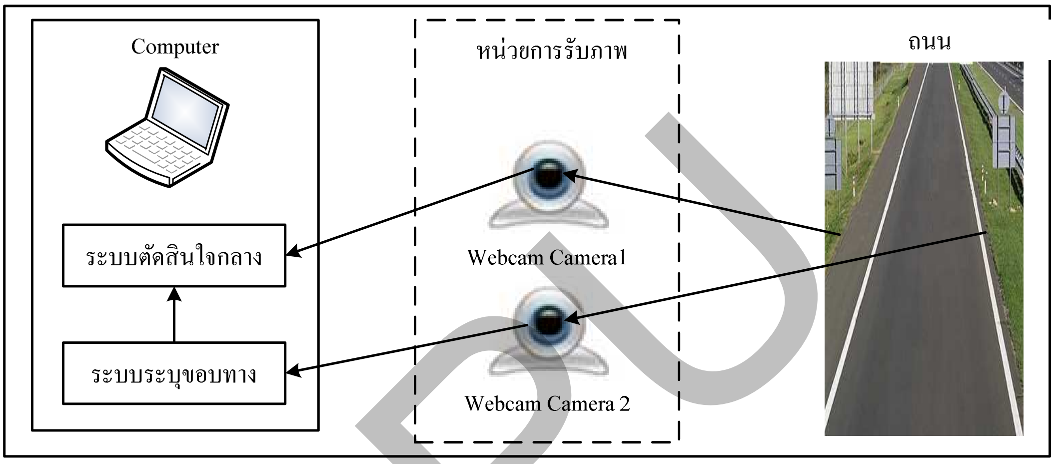
รูปที่ 3.2 ระบบการเชื่อมต่อของระบบตัดสินใจกลาง

DPU

จากรูปที่ 3.2 ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าทิศทางการเคลื่อนที่ และแผนที่ให้กับระบบตัดสินใจกลาง หากไม่มีการกำหนดค่าหรือคำสั่งให้เคลื่อนที่ รถก็จะไม่สามารถทำการเคลื่อนที่ได้เอง

3.1.2 แผนการทำงานของระบบระบุขอบทาง

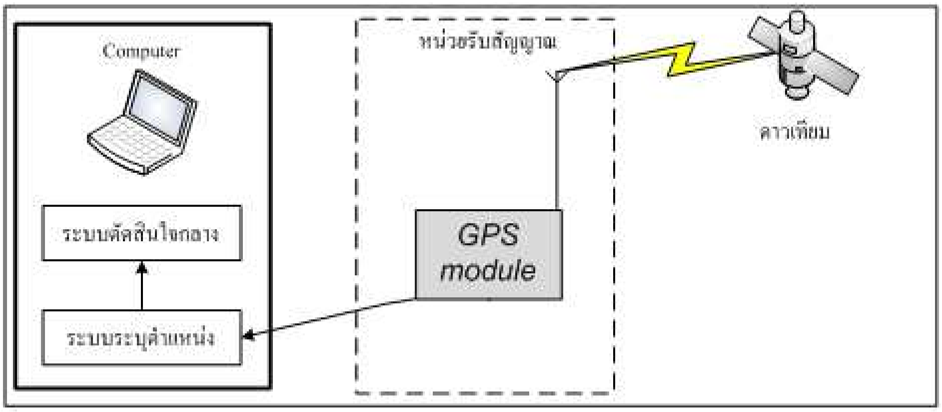
ระบบระบุขอบทางทำหน้าที่วิเคราะห์ภาพที่ได้มาจากกล้องเว็บแคม แล้วส่งผลการวิเคราะห์ให้กับระบบตัดสินใจกลาง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของระบบรถอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ระบบการเชื่อมต่อของระบบระบุขอบทาง

3.1.3 แผนการทำงานระบบระบุตำแหน่ง

ระบบระบุตำแหน่งทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณที่รับมาจากอุปกรณ์ GPS แล้วส่งผลการวิเคราะห์ให้กับระบบตัดสินใจกลางเพื่อระบุตำแหน่งของรถ ดังรูปที่ 3.4

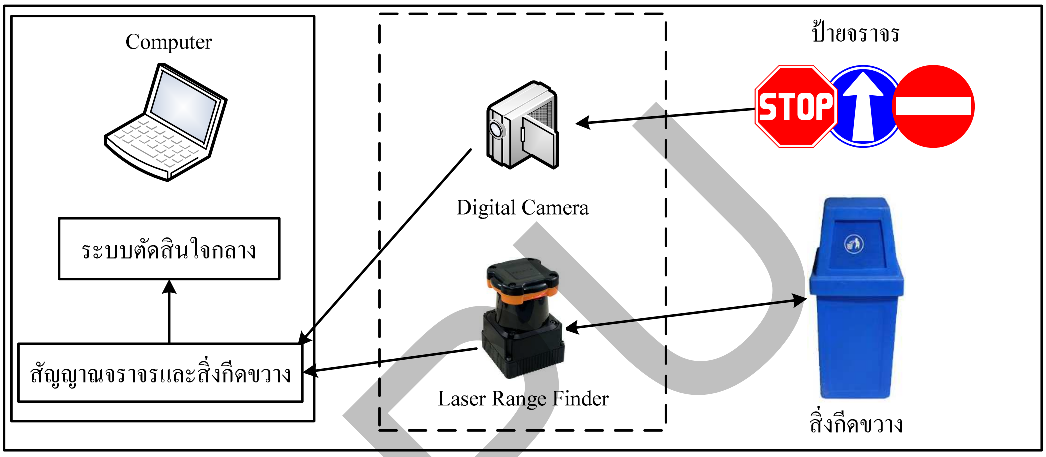


รูปที่ 3.4 ระบบการเชื่อมต่อของระบบระบุตำแหน่ง

DPU

3.1.4 แผนการทำงานของระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง

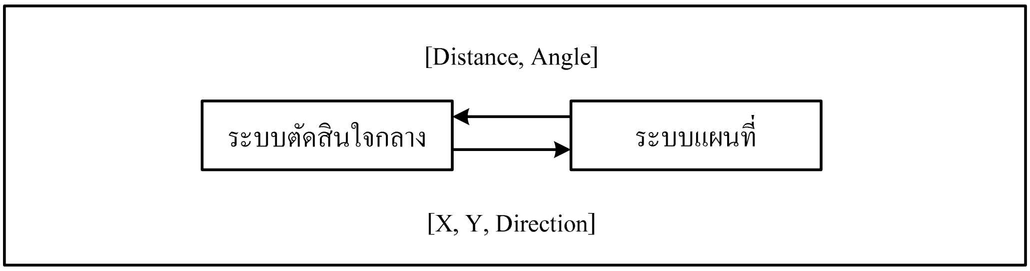
ระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง จะมีหน้าที่การทำงานอยู่ 2 ลักษณะ คือ วิเคราะห์ป้ายจราจร เพื่อระบุความหมายของป้ายจราจร โดยใช้การประมวลผลภาพที่ถ่ายได้จากกล้องดิจิตอล แล้วนำไปวิเคราะห์ว่าป้ายนั้นมีความหมายอย่างไร อีกลักษณะหนึ่ง คือ การระบุสิ่งกีดขวาง โดยวิเคราะห์ค่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ Laser Range Finder เพื่อระบุว่ามีสิ่งกีดขวางหรือไม่ แล้วส่งผลการวิเคราะห์ให้กับระบบตัดสินใจกลางเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าจะเคลื่อนที่อย่างไร ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ระบบการเชื่อมต่อของระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง

3.1.5 แผนการทำงานของระบบแผนที่

ระบบแผนที่ทำหน้าที่วิเคราะห์สภาพของถนนเมื่อถึงทางแยกหรือทางโค้ง ระบบตัดสินใจกลางจะสอบถามมายังระบบแผนที่ โดยระบบตัดสินใจกลางจะส่งค่าตำแหน่งและพิกัดของรถจากสัญญาณที่รับจาก GPS ให้กับระบบแผนที่ ซึ่งจะทำการคำนวณและส่งทิศทางการเคลื่อนที่กลับไปให้ระบบตัดสินใจกลางดังรูปที่ 3.6

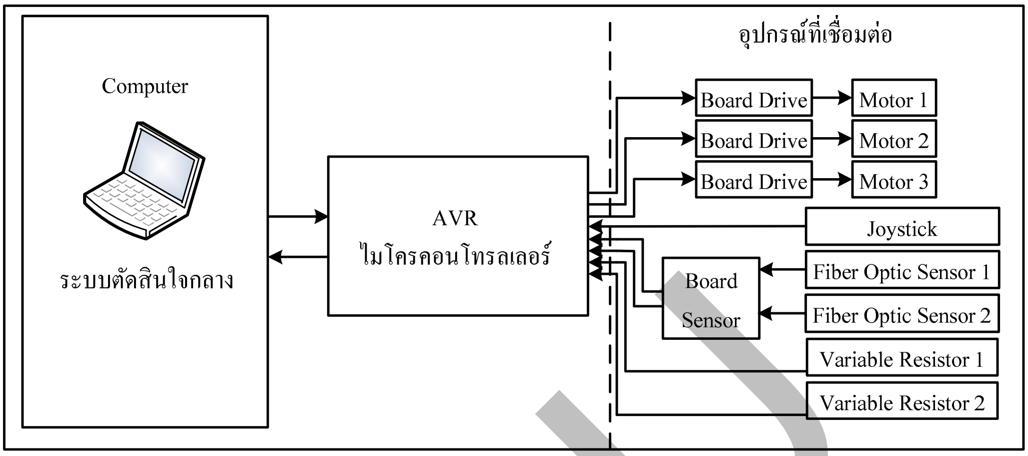


รูปที่ 3.6 ระบบการเชื่อมต่อของระบบแผนที่

DPU

3.1.6 แผนการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆ ที่ติดตั้งไว้บนรถ โดยรับคำสั่งจากระบบตัดสินใจกลางและส่งค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆไปให้ระบบตัดสินใจกลางเพื่อใช้ในการวิเคราะห์มุมการเลี้ยว และความเร็วของรถ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ระบบการเชื่อมต่อของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2 การดัดแปลงและปรับปรุงระบบรถไฟฟ้า

ในการพัฒนาระบบรถอัจฉริยะนั้น ผู้พัฒนาจำเป็นต้องทำการปรับปรุงและดัดแปลงสภาพรถให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย เพราะเดิมทีแล้วรถที่จะนำมาพัฒนาเป็นรถระบบไฟฟ้าที่ใช้ขับขี่ในสนามกอล์ฟโดยมีคนบังคับมาก่อน เพื่อให้การพัฒนาระบบรถอัจฉริยะเป็นไปตามขอบเขตของงานวิจัย คือ สามารถเคลื่อนที่ไปบนถนนได้โดยอยู่ในสภาพไร้คนขับ ดังนั้นระบบสั่งงานทั้งหมดไปที่ตัวรถ จะถูกเปลี่ยนจากระบบการสั่งงานจากมนุษย์โดยตรง มาเป็นการสั่งงานผ่านระบบไฟฟ้าทั้งหมด อาทิเช่น จากเดิมการเปลี่ยนองศาหน้ารถจะใช้แรงของมนุษย์ ออกแรงกระทำไปที่พวงมาลัยทำให้เกิดแรงบิดส่งไปยังแกนพวงมาลัย แกนพวงมาลัยจะส่งกำลังไปยังชุดบังคับล้อให้ล้อรถเกิดการเปลี่ยนองศาทำให้รถเกิดการเลี้ยวเมื่อต้องการให้รถสามารถขับเคลื่อนและทำงานต่างๆได้เองอย่างอัตโนมัติ ผู้พัฒนาจึงนำระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาเป็นตัวควบคุมสั่งงาน และรับ-ส่งค่าข้อมูลที่นำเข้ามาจากอุปกรณ์ตรวจจับที่ผู้พัฒนาได้ ทำการติดตั้งไว้ ค่าข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยระบบตัดสินใจกลาง โดยข้อมูลที่นำเข้ามาเหล่านี้เปรียบเสมือนกับประสาทการรับรู้ของมนุษย์ ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาในการขับขี่รถให้สามารถเคลื่อนที่ไปได้อย่างปลอดภัย โดยมีการใช้สมองกล และอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ มาแทนระบบประสาทการรับรู้และการตัดสินใจของมนุษย์นั่นเอง

3.2.1 ข้อมูลของรถที่นำมาพัฒนาเป็นรถอัจฉริยะ

รูปที่ 3.8 รถไฟฟ้าที่นำมาพัฒนา

รถที่นำมาพัฒนาในงานวิจัย เดิมเป็นรถกอล์ฟไฟฟ้า ที่เคยใช้งานมาก่อนในสนามกอล์ฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยมีข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับตัวรถ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของรถไฟฟ้าที่ถูกใช้ดัดแปลงเป็นรถอัจฉริยะ

Specs of electric golf car.	
Motor (DC)	3KW
Battery(Deep cycle)	36 Volt
Seat	2
Speed	25 km/hr
Climbing ability	20°
Dimension(m) WxLxH	1.2 x 2.4 x 1.8
Turning radius(m)	3.5
Chassis	Steel
Weight	300 kg

3.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบรถอัจฉริยะในครั้งนี้ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไปตามความต้องการที่จะนำมาใช้ในการรับค่าจากอุปกรณ์เหล่านี้ ซึ่งในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ จะพิจารณาจากความต้องการของระบบว่าต้องมีการใช้งานสัญญาณการตรวจจับจากอะไรบ้าง แล้วทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับนั้นๆ ลงบน ตัวรถ ซึ่งในการดำเนินการได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

การติดตั้งกล้องสำหรับตรวจจับขอบทาง

การทำงานของกล้องที่ใช้กับระบบรถอัจฉริยะนี้ถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากอุปกรณ์หนึ่งเนื่องจากอุปกรณ์นี้เปรียบได้กับระบบประสาทการมองเห็นของมนุษย์ ซึ่งจำเป็นมากในการนำมาใช้พิจารณาการสั่งงานควบคุมระบบต่างๆ ให้รถสามารถเคลื่อนที่อยู่บนถนนได้โดยอัตโนมัติ เมื่อสมองกลสามารถมองเห็นภาพได้ ก็สามารถที่จะนำค่าที่ได้จากภาพมาทำการวิเคราะห์และตัดสินใจสั่งงานการเคลื่อนที่ให้กับระบบได้ กล้องที่ใช้เป็นกล้อง Logitech รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งกล้องไว้บนตัวรถ

รูปที่ 3.9 ตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องเว็บแคม

ในการติดตั้งกล้องเว็บแคม ได้ทำการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของกล้องหลังจากพิจารณาเห็นว่าให้ติดตั้งในตำแหน่งที่สูงกว่าเดิมประมาณ 15 เซนติเมตร จากระบบเดิม [13] โดยสูงจากพื้นที่ระยะ 160 เซนติเมตร และมีมุมเอียงลง 15 องศา เพื่อลดปัญหาเรื่องของเงาของหลังคารถเมื่อเวลาแสงแดดส่องพาดไปบนหลังคารถแล้วเงาของหลังคารถ จะทอดไปบนถนนด้านข้างตัวรถ หาก

กล้องอยู่ตำแหน่งเดิมโปรแกรมที่ใช้ตรวจหาขอบถนน จะตรวจพบเงาของหลังคารถเป็นขอบถนน และส่งค่าที่พบไปให้ระบบตัดสินใจกลาง ระบบตัดสินใจกลางจะคิดว่ารถวิ่งเข้าใกล้ขอบถนน และจะส่งคำสั่งควบคุมให้รถเลี้ยวออกจากขอบถนน ซึ่งจริงๆ แล้วภาพที่นำเข้ามาจากกล้อง และนำไปวิเคราะห์ไม่ใช่ขอบถนนจริงๆ แต่เป็นค่าขอบที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างเงาของวัตถุ กับถนน ซึ่งตรงจุดนี้โปรแกรมไม่สามารถแยกแยะขอบที่เกิดจากเงาของวัตถุ กับขอบของพื้นผิวถนนจริงได้ สิ่งที่เกิดขึ้นคือ เมื่อรถเคลื่อนที่มายังบริเวณที่รถจะตรวจพบเงาของหลังคารถ รถจะหักหลบเงาตัวเองจนตกลงข้างทางและไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อได้

การทดสอบโดยนำรถไปขับบริเวณสนามฟุตบอลแล้วบันทึกภาพ โดยภาพที่ได้จากการบันทึกภาพจากตำแหน่งกล้องเดิม จะทำให้เห็นเงาของหลังคารถ ดังรูปที่ 3.10 และภาพที่ได้จากกล้องในตำแหน่งใหม่ จะมีวิสัยทัศน์ที่ไกลกว่าภาพที่ถ่ายได้จากตำแหน่งกล้องเดิม และภาพที่ได้จะไม่เห็นเงาของหลังคารถ ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.10 ภาพที่ถ่ายจากตำแหน่งกล้องในระบบเดิม ซึ่งติดห่างจากหลังคา

รูปที่ 3.11 ภาพที่ถ่ายจากตำแหน่งกล้องในระบบใหม่ ซึ่งติดสูงใกล้หลังคา

DPU

การติดตั้ง Laser Range Finder

อุปกรณ์ที่นำมาใช้พัฒนาระบบรถอัจฉริยะครั้งนี้ใช้ Laser Range Finder รุ่น UTM-30LX [23] ซึ่งสามารถวัดระยะทางได้สูงสุด 30 เมตร มุมกว้างสูงสุด 270 องศา ในการอ่านแต่ละครั้งจะอ่านได้ 1080 steps เป็นอุปกรณ์ของบริษัท HOKUYO ของประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่ง Laser Range ของบริษัท HOKUYO นี้เป็น Laser Range ที่มีขนาดเล็กและมีราคาไม่สูงมาก แต่มีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างจะใกล้เคียงกับ Laser Range ของบริษัท SICK

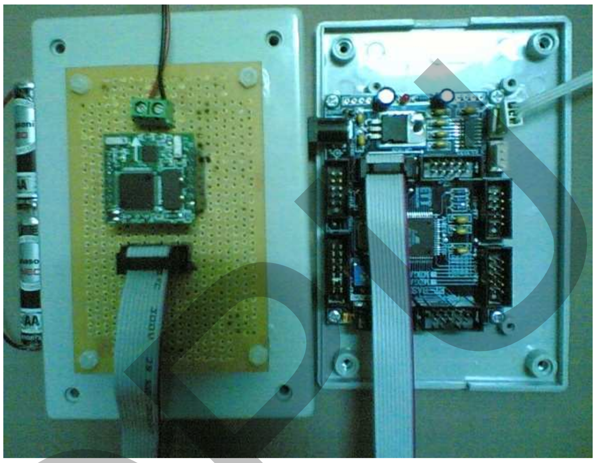
รูปที่ 3.12 Laser Range Finder รุ่น UTM-30LX

DPU

Laser Range Finder เป็นอุปกรณ์ตรวจจับอีกชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ รถอัตโนมัติ เนื่องจากในการสั่งงานการเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติสิ่งที่จำเป็นรองลงมาจากการมองเห็นก็คือ การประเมินหรือการระบุระยะห่างของหน้ารถ กับวัตถุต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ หรือวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะทำการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เพราะอุปกรณ์ Laser Range Finder นี้จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อ่านค่าระยะห่าง และขนาดของวัตถุที่อยู่ด้านหน้ารถที่ตรวจพบแล้วส่งค่าดังกล่าวให้ระบบตัดสินใจกลาง ระบบตัดสินใจกลางจะทำการวิเคราะห์ และทราบทันทีว่าหน้ารถมีวัตถุขวางอยู่ หลังจากนั้นระบบตัดสินใจกลางจะทำการกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ขึ้นมาใหม่ โดยจะไม่ใช้ค่าข้อมูลจากระบบระบุขอบทางมาใช้ ในการตัดสินใจเพียงอย่างเดียว แต่จะใช้ค่าข้อมูลที่รับมาจากระบบระบุสิ่งกีดขวางมาเป็นข้อมูลหลักที่ใช้ในการสั่งควบคุมให้รถเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่ตรวจพบในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง โดยระบบตัดสินใจกลางจะนำค่าที่อ่านได้จากระบบระบุสิ่งกีดขวาง ไปคำนวณกับระบบระบุขอบทาง ซึ่งจะทำให้รู้ขนาดความกว้างจากขอบถนนด้านใดด้านหนึ่งที่กว้างกว่า ระบบตัดสินใจกลางก็จะตัดสินใจให้รถเคลื่อนที่ไปทางนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการหลบวัตถุจนรถตกขอบถนน

การติดตั้งชุดรับสัญญาณ Digital Compass Module

อุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่บอกองศาหน้ารถขณะทำการเคลื่อนที่โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ Digital Compass Module โดยใช้บัส I^2C เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้สายสัญญาณ 2 เส้นได้แก่ ขา SDA (รับและส่งข้อมูล) และ SCL (ขาสัญญาณนาฬิกา) โดยขาสัญญาณทั้งสองจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปไว้เพื่อกำหนดสถานะลอจิก 1 ให้กับระบบบัส ซึ่งการใช้งานจะตั้งไว้บริเวณคอนโซลหน้ารถ เมื่อรถเคลื่อนที่องศาหน้ารถที่ได้จะมีความถูกต้องแม่นยำกว่านำไปติดตั้งบริเวณอื่น รูปที่ 3.13 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุดเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์กับบอร์ดควบคุม

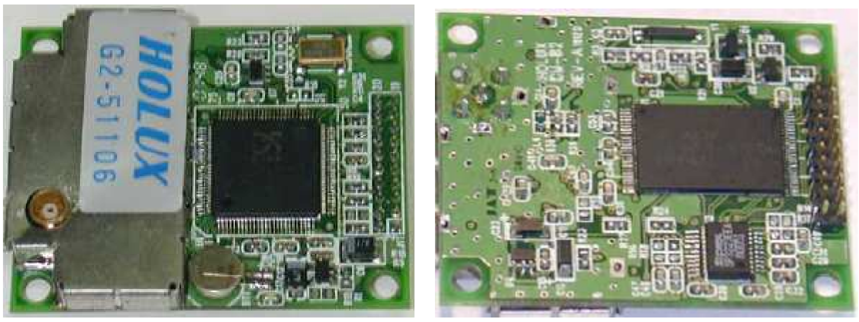


รูปที่ 3.13 Digital Compass Module เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

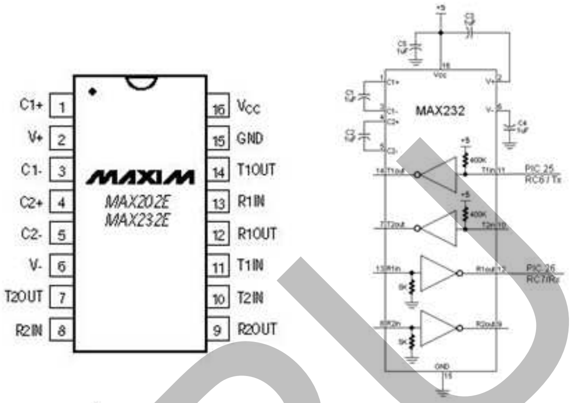
DPU

การติดตั้งอุปกรณ์ GPS

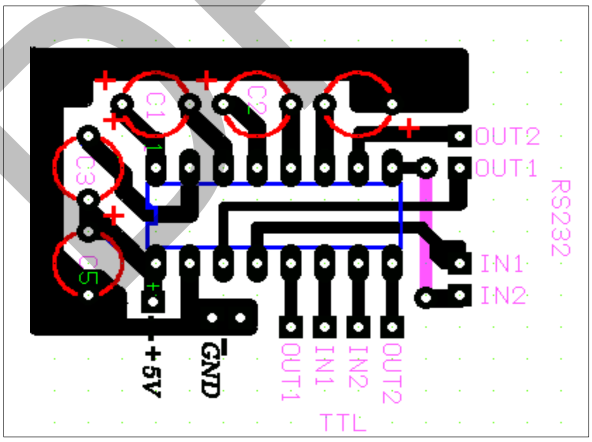
ชุดรับ-ส่ง สัญญาณ GPS Module GM-82 เป็นส่วนรับข้อมูลจากดาวเทียม 4-12 ดวง ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ใช้ในการระบุตำแหน่งในการนำข้อมูลไปใช้นั้น ต้องทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากขา TX (ขาที่ 11) และทำการป้อนแรงดันไฟฟ้า 5 Volt (ขาที่ 2) และกราว์(ขา ที่ 10) ซึ่งโดยปรกติ GM–82 จะส่งข้อมูลเป็นแบบดิจิตอล คือ ลอจิก ‘0’ เป็น 0 Volt และ ลอจิก ‘1’ เป็น 5 Volt (TTL - transistor-to-transistor logic) เมื่อนำไปต่อสัญญาณเข้าทางพอร์ตอนุกรม จำเป็นต้องมี IC สำหรับแปลงระดับแรงดันโดยใช้ IC Max232 สำหรับการแปลงระดับสัญญาณให้มีค่า 3 ถึง 15 Volt ให้ลอจิก ‘1’ และ 0 ถึง –15 Volt ให้ลอจิก ‘0’ รูปที่ 3.14 แสดงบอร์ด GPS GM-82 รูปที่ 3.15 – 3.17 แสดงวงจรการเชื่อมต่อภายในของ MAX232 และวงจรที่ใช้ต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.14 บอร์ด GPS GM-82

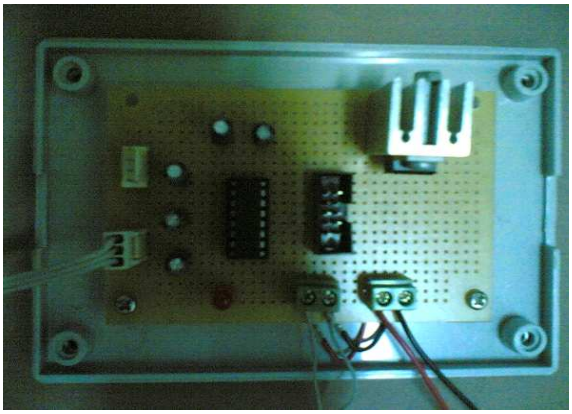


รูปที่ 3.15 IC และวงจรภายในของ Max-232



รูปที่ 3.16 วงจรการต่อใช้งาน MAX-232

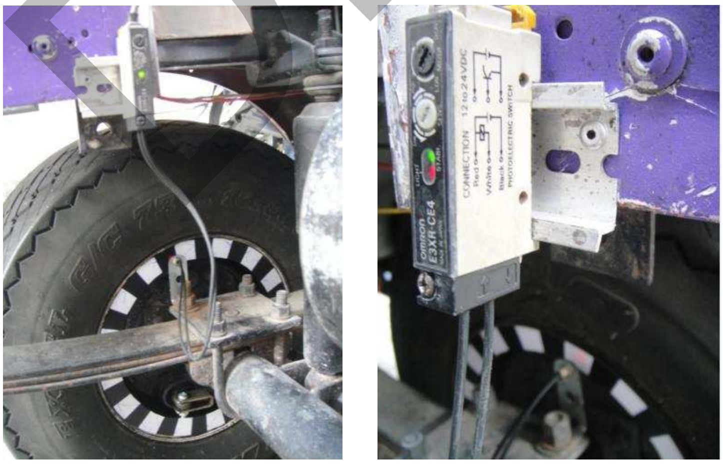
DPU



รูปที่ 3.17 บอร์ด MAX-232 ที่พัฒนาพร้อมใช้งาน

การติดตั้งอุปกรณ์ Wheel Encoder

ในการติดตั้งจะมีอยู่ด้วยกันสองตัว คือ จานสะท้อนแสง จะทำการติดตั้งไว้บริเวณกะทะล้อของล้อหลังทั้งสองล้อวัสดุที่ใช้คือ แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดสีดำติดสติกเกอร์สีขาวที่ตัดเป็นชิ้น 16 ชิ้น อุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งคือ Fiber Optic Sensor จะทำการติดตั้งไว้บริเวณใกล้ๆ กับจานสะท้อนแสงโดยให้แนวการสะท้อนแสงทำมุมตั้งฉากกับจานสะท้อนแสง ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ Wheel Encoder

DPU

3.2.3 ระบบการควบคุมรถแบบบังคับด้วยแท่นควบคุม

การสั่งควบคุมรถด้วยแท่นควบคุมระยะใกล้

ผู้พัฒนาได้ออกแบบแท่นควบคุมแบบใช้สายโดยจะต่อเข้ากับไมโครคอนโทรเลอร์ AVR ที่ PORT PA.1 และ PA.2 บนแท่นควบคุมจะประกอบไปด้วยสวิตซ์แบบกด เมื่อมีการกดสวิตซ์วงจรจะปล่อยสัญญาณลอจิก “1” ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ PORT PA.1 ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นค่า Input ให้กับโปรแกรมที่พัฒนาไว้ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และเมื่อมีการกดสวิตซ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณลอจิก “1” ให้กับขา In0 ของไดร์เวอร์บอร์ดของมอเตอร์ เพื่อสั่งงานมอเตอร์ที่ได้ทำการติดตั้งไว้ สำหรับขับเฟืองบริเวณแกนพวงมาลัย ให้เกิดการหมุนของแกนบังคับเลี้ยว ซึ่งแกนบังคับเลี้ยวจะส่งแรงไปยังก้านบังคับล้อทำให้รถเกิดการเลี้ยวไปในทิศทางซ้าย ซึ่งในการบังคับเลี้ยวใน ทิศทางขวาก็ใช้ลักษณะเดียวกันแตกต่างกันที่ AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณลอจิก “1” ให้กับขา In1 ของไดร์เวอร์บอร์ดแทน

การควบคุมรถด้วยแท่นควบคุมระยะไกล

ใช้สัญญาณวิทยุบังคับระบบ RF (Radio Frequency) ย่านความถี่ 2.4 GHz แบบเดียวกับที่ใช้ในรถบังคับหรือเครื่องบินบังคับวิทยุ เพราะสามารถหาซื้อและใช้งานได้สะดวกซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ

1. **ภาคส่งสัญญาณ TX (TRANSMITTER)**

   ภาคส่งสัญญาณวิทยุ RF เครื่องส่งจะถูกติดตั้ง อยู่บนแท่นควบคุมแบบไร้สาย เป็นตัวส่งสัญญาณขนาด 2-Chanel สามารถส่งคำสั่งควบคุมได้พร้อมกันสูงสุด 2 คำสั่ง

2. **ภาครับสัญญาณ RX (RECIEVER)**

   ภาครับสัญญาณ จะรอรับสัญญาณจากตัว ส่งสัญญาณที่ติดตั้งอยู่บนแท่นควบคุมไร้สาย เมื่อมีการส่งสัญญาณควบคุมออกมาตัวรับสัญญาณจะทำการแปลงสัญญาณที่รับเข้ามาแล้วส่งสัญญาณควบคุมในรูปแบบของความถี่ (Hz) ไปควบคุม Servo motor ให้ทำงานตามความต้องการ โดยสั่งให้ Servo motor ทำงานมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับผู้บังคับที่ป้อนสัญญาณควบคุมให้กับตัวส่งสัญญาณ

การสั่งงานระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านสัญญาณวิทยุ

การส่งสัญญาณในลักษณะของคลื่นวิทยุ RF ไปที่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ไม่สามารถทำได้ เพราะ AVR ไม่สามารถรับค่า Input ที่เป็นคลื่นความถี่ (Hz) ได้ ดังนั้น จึงใช้แขนของ Servo motor มาเป็นตัวกระตุ้นสัญญาณการควบคุมการเลี้ยว ลักษณะเดียวกันกับการกดสวิตซ์บนแท่นบังคับ ขั้นตอนการออกแบบวงจรจะทำการติดตั้ง Limit-switch ไว้ใกล้กับแขนของ Servo motor แล้วใช้การหมุนของแขน Servo Motor ไปกด Limit-switch เพื่อใช้เป็นสัญญาณ Input ให้กับ

DPU

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาพที่แสดงด่านล่างคือตำแหน่งการวางอุปกรณ์ Limit-switch กับแขน Servo Motor

รูปที่ 3.19 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ Limit-switch เพื่อบังคับการเลี้ยว

DPU

3.2.4 การควบคุมรถโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

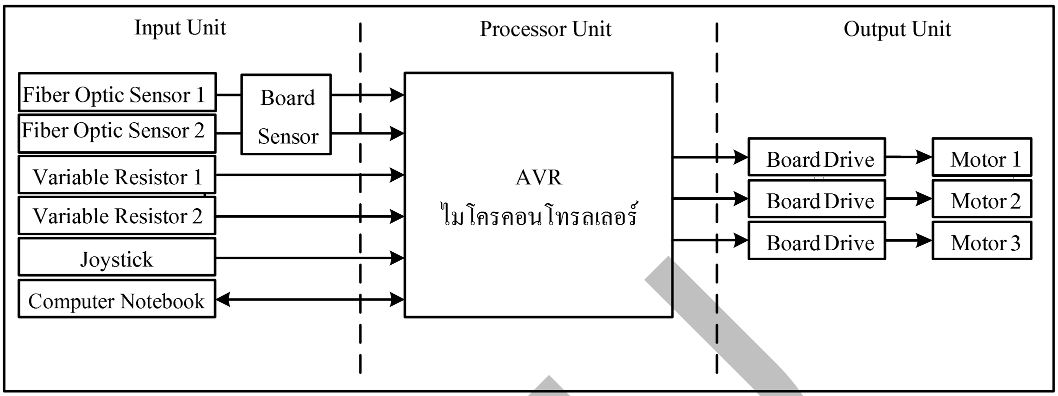
การออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของรถจากเดิมในส่วนของระบบขับเคลื่อน ระบบบังคับเลี้ยว ระบบเบรค และอื่นๆ จะใช้การออกแรงจากมนุษย์ เพื่อสั่งให้รถเคลื่อนที่ หรือหยุด แต่ในระบบของรถอัจฉริยะจะใช้ระบบไฟฟ้าเข้ามาแทนที่ระบบการสั่งงานของมนุษย์ทั้งหมด การสั่งให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจากเดิม มนุษย์จะใช้เท้าเหยียบไปที่คันเร่งของรถกอล์ฟ แต่เมื่อเปลี่ยนมาเป็นระบบอัตโนมัติการเหยียบคันเร่งจะถูกสั่งงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้การหมุนของอุปกรณ์มอเตอร์ดึงคันเร่งให้เสมือนกับการเหยียบด้วยเท้าของมนุษย์ หรืออาจกล่าวได้ว่า ใช้อุปกรณ์มอเตอร์ และอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ มาทำหน้าที่แทนการรับรู้ และการสั่งงานโดยการเลียนแบบพฤติกรรมการสั่งงานของมนุษย์

การวิเคราะห์และการออกแบบระบบควบคุม

จากการวิเคราะห์และออกแบบผู้พัฒนาได้เลือกใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Atmel AVR-128 เป็นตัวกลางการรับส่งค่าข้อมูลที่รับมาจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์มอเตอร์ เนื่องจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มีพอร์ตให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย มีความนิยมจากผู้ใช้ในการนำมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบควบคุมต่างๆ สามารถค้นหาข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาให้กับโครงงานวิจัยระบบรถอัจฉริยะทั้งในด้านซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ ได้เป็นอย่างดี

การออกแบบระบบฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบรถอัจฉริยะ ผู้พัฒนาได้พิจารณาเงื่อนไขลักษณะการทำงานของรถ ตัวอุปกรณ์ตรวจจับ และอุปกรณ์ใช้งานต่างๆ ที่จำเป็นในระบบ แล้วทำการออกแบบโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบฮาร์ดแวร์ได้ ดังแสดงใน รูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 โครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบฮาร์ดแวร์

จากรูปที่ 3.20 ระบบฮาร์ดแวร์จะมีหน่วยการทำงานอยู่ 3 หน่วยหลัก คือ

1. Input Unit

เป็นหน่วยที่จะส่งค่าข้อมูลให้ Processor Unit โดยหน่วยนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องการนำค่าข้อมูลนั้นๆ มาใช้ในการประมวลผลจากไดอะแกรม ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับ 2 ชนิดคือ

- Fiber Optic Sensor นำมาใช้ในระบบ Wheel Encoder ล้อหลังซ้ายและขวา ซึ่งการเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องผ่าน Sensor Board ก่อนเพื่อปรับสัญญาณให้มีความเสถียรและระดับแรงดันให้เหมาะสม
- Variable Resistor นำมาใช้ในระบบวิเคราะห์มุมการเลี้ยว และระบบการเร่งความเร็วของรถ
- Joystick เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถโดยมนุษย์ควบคุม
- Computer Notebook เป็นหน่วยส่งคำสั่งควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่ระบบตัดสินใจกลางต้องการ

2. Processor Unit

เป็นหน่วยประมวลผลโดยจะรับค่าจาก Input Unit เข้ามาวิเคราะห์แล้วสั่งงานไปยัง Output Unit ให้ทำงานตามที่ได้โปรแกรมไว้

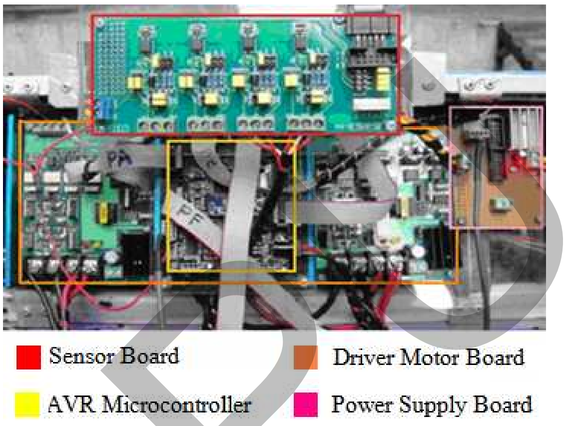
DPU

3. **Output Unit**

เป็นหน่วยแสดงผลจากการประมวลผลของ Processor Unit อุปกรณ์ ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย Driver Board สามบอร์ดเพื่อใช้ในการสั่งงานมอเตอร์ที่ติดตั้งไว้บนตัวรถเพื่อทำงานแทนการสั่งงานของมนุษย์ไปยังรถ 3 ลักษณะคือ การบังคับคันเร่ง, การบังคับเบรค และการบังคับเลี้ยว

การสร้างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และการเชื่อมต่อ

หลังจากทำการออกแบบและทำการสร้างอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ต่างๆ ที่จำเป็นกับระบบของงานวิจัยนี้แล้ว จากนั้นทำการติดตั้งฮาร์ดแวร์ต่างๆ ลงบนรถกอล์ฟ และเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันตามโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบฮาร์ดแวร์ที่ได้ทำการออกแบบ ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการควบคุมและรูปแบบการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

3.2.5 เขียนโปรแกรมควบคุมระบบฮาร์ดแวร์

เพื่อให้ระบบฮาร์ดแวร์ที่ได้ทำการออกแบบสามารถทำงานได้ ดังนั้นจึงต้องพัฒนาโปรแกรมขึ้นมารองรับการทำงานในส่วนนี้ ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาในส่วนของระบบควบคุมจะเป็นภาษา C โดยสามารถจำแนกการพัฒนาได้ 2 แบบดังนี้

1. **เขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์**

หลักการในการสั่งควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ จะเป็นการกำหนดเงื่อนไขอย่างใดอย่างหนึ่งแล้วสั่งการไปยังตัวฮาร์ดแวร์ ผ่านพอร์ตต่างๆ ที่ทำเชื่อมต่อกับอุปกรณ์นั้นๆ โดยเมื่อสั่งลอจิกเป็น “1” (+5 Volt) อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ก็จะทำงาน หากไม่ต้องการให้ทำงานก็จะสั่งให้พอร์ตนั้นเป็นลอจิก “0” (0 Volt)

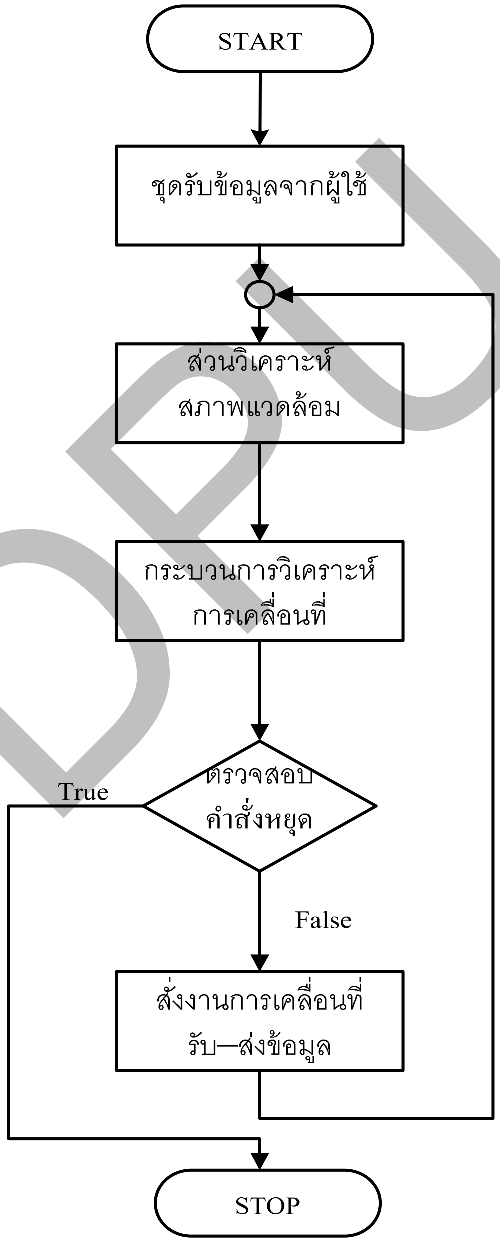
2. **เขียนโปรแกรมรับ-ส่งคำสั่งจากระบบตัดสินใจกลาง**

พัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานร่วมกับระบบตัดสินใจกลาง โดยระบบตัดสินใจกลางจะส่งคำสั่งควบคุมต่างๆ มาให้ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจะเป็นการรับค่าจากพอร์ตอนุกรมมาทำการแปลความหมาย แล้วจึงสั่งคำสั่งควบคุมที่ระบบตัดสินใจกลางส่งมา ไปยังอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งให้ทำงานตามต้องการ

3.3 ระบบตัดสินใจกลาง

ส่วนของระบบตัดสินใจกลางจะเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุม และการเชื่อมต่อของระบบอัตโนมัติต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยมีระบบระบุขอบทาง ระบบระบุตำแหน่ง ระบบแผนที่ ระบบระบุสิ่งกีดขวางและวิเคราะห์สัญญาณป้ายจราจร และระบบคอนโทรลเลอร์ [13]

3.3.1 การออกแบบการทำงานของระบบตัดสินใจกลาง

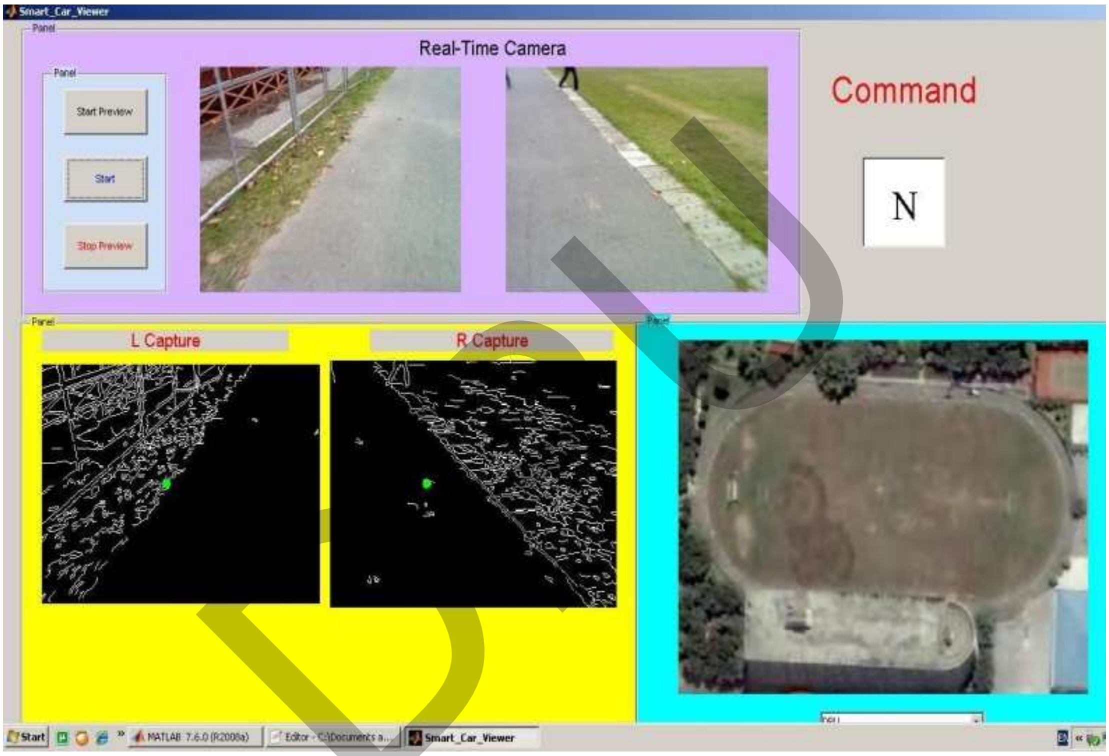


รูปที่ 3.22 ระบบการดำเนินงานโดยรวม

จากรูปที่ 3.22 เป็นระบบการดำเนินงานโดยรวม ซึ่งจะพบว่าการทำงานนี้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วนหลักดังนี้

1. ส่วนรับข้อมูลจากผู้ใช้

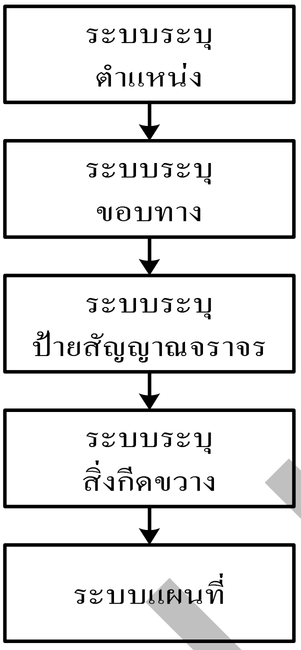
ผู้ใช้ต้องทำการเลือกแผนที่ให้กับตัวรถ วิธีนี้ผู้ใช้สามารถเลือกแผนที่ได้ตามต้องการโดยไม่ต้องทำการแก้ไขในส่วนของโปรแกรม ซึ่งใช้ Popup menu เลือกสนามที่ต้องการ และเมื่อทำการเลือกสนามที่ต้องการแล้ว ก็สามารถกดปุ่มเพื่อให้ระบบเริ่มทำงานได้ ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ส่วน GUI ของผู้ใช้โปรแกรม

โปรแกรมนี้จะถูกติดตั้งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนรถ โดยหน้าต่างด้านบนของ GUI จะแสดงภาพจากกล้องทั้งด้านซ้ายและขวา โดยแสดงผลและปรับปรุงภาพต่อเนื่องตลอดเวลา ภาพที่ได้จะถูกนำมาประมวลผลและหาระยะขอบทาง ดังแสดงในหน้าต่างด้านล่างซ้าย สำหรับหน้าต่างด้านขวาล่างเป็นการแสดงแผนที่ของเส้นทางทั้งหมด

2. ส่วนวิเคราะห์สภาพแวดล้อม



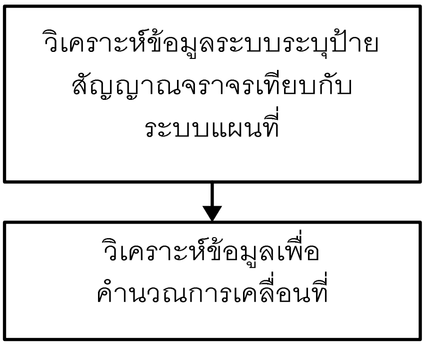
รูปที่ 3.24 ขั้นตอนการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม

จากรูปที่ 3.24 เป็นการทำงานในขณะทดสอบการเคลื่อนที่ ในส่วนนี้ เมื่อมีการใช้งานทดสอบจริง ก็สามารถเข้าไปทำการประมวลผลจากค่าที่วัดได้จากระบบต่างๆ โดยไม่ต้องเข้าไปแก้ไขในส่วนของโปรแกรม แต่ในขณะทำการทดสอบการเคลื่อนที่แบบจำลอง ระบบก็สามารถทำงานได้เสมือนจริงโดยใช้ข้อมูล ดังนี้

- **ระบบระบุตำแหน่ง** จะมีค่าองศาหน้ารถ มีค่าพิกัดโดยมาจากการคำนวณ
- **ระบบระบุขอบทาง** จะได้มาจากการจำลองการติดตั้งกล้อง และคำนวณหาระยะขอบทางจากรถถึงขอบทางในระบบจำลอง
- **ระบบระบุป้ายสัญญาณจราจร** จะมีการตั้งค่าพิกัดและสัญญาณของป้ายจากส่วนการรับข้อมูลจากผู้ใช้ซึ่งการทำงานของระบบนี้จะทำการเตือนเหมือนกับระบบการทำงานจริงโดยจะเตือนมาเมื่อตรวจพบสัญญาณจราจรในระยะที่กำหนด
- **ระบบระบุสิ่งกีดขวาง** จะมีการตั้งค่าพิกัดของสิ่งกีดขวางจากส่วนการรับข้อมูลจากผู้ใช้ซึ่งการทำงานของระบบนี้จะทำการเตือนเหมือนกับระบบการทำงานจริงโดยจะเตือนมาเมื่อถึงตรวจพบสิ่งกีดขวางในระยะที่กำหนด
- **ระบบแผนที่** จะมีการตั้งค่าพิกัดของทางแยกต่างๆ และทิศทางที่ควรไปจากส่วนการรับข้อมูลจากผู้ใช้ซึ่งการทำงานของระบบนี้จะทำการเตือนเหมือนกับระบบการทำงานจริงโดยจะเตือนมาเมื่อตัวรถมาถึงระยะที่กำหนด

DPU

3. ส่วนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่



รูปที่ 3.25 ขั้นตอนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่

การวิเคราะห์ข้อมูลระบบระบุป้ายสัญญาณจราจรเทียบกับระบบแผนที่

เนื่องจากข้อมูลในการบอกทิศทางที่จะเคลื่อนที่ไปได้นั้นสามารถให้ข้อมูลมาได้จากทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบระบุป้ายสัญญาณจราจรกับระบบแผนที่ ซึ่งในบางกรณีที่อาจเกิดขึ้นคือทั้ง 2 ระบบให้ค่าทิศทางมาไม่เหมือนกัน การวิเคราะห์นั้นก็จะดูค่าความเชื่อมั่นทั้ง 2 ระบบหากเท่ากันก็จะเชื่อระบบแผนที่ เนื่องจากระบบแผนที่นั้นได้มีข้อมูลของพิกัด ณ ขณะนั้นและยังมีข้อมูลของพื้นที่ของเส้นทางนั้นอยู่

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณการเคลื่อนที่

จากข้อมูลที่ได้รับจากระบบต่างๆ นั้น สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อที่จะกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ความเร็วและสัญญาณไฟท้าย ซึ่งในส่วนความเร็วการเคลื่อนที่กับทิศทางที่ได้รับทั้งจากระบบการทำงานจริง หรือการทดลองนั้นสามารถวิเคราะห์ได้โดยกระบวนการเดียวกัน เนื่องจากการวิเคราะห์นั้นได้ใช้การคำนวณโดยคิดเป็นสัดส่วนของค่าขอบทาง และสัดส่วนของทิศทางการเคลื่อนที่กับความเร็ว โดยจะมีการตั้งค่าหากกรณีที่องศาของรถหันไปทางขอบทางมากเกินไปด้วย โดยมีตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ ดังรูปที่ 3.26

```
turnMagnify = findMagnify( dl, dr, Magnify, rcaml );
direcA = turnMagnify * (lcaml – rcaml) / maxTurning;
speedA = abs ( ( maxSpeed – abs ( direcA) )/ turnMagnify;
turndegree = direcA;
turnsh = direcA;
```

รูปที่ 3.26 ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่

DPU

turnMagnify : อัตราการเลี้ยวว่าควรเลี้ยวมากหรือน้อย

rcaml : ระยะห่างจากตัวรถถึงขอบทางทางขวาหน่วยเป็นเมตร

lcaml : ระยะห่างจากตัวรถถึงขอบทางทางซ้ายหน่วยเป็นเมตร

maxTurning : อัตราการเลี้ยวสูงสุด

maxSpeed : อัตราความเร็วสูงสุด

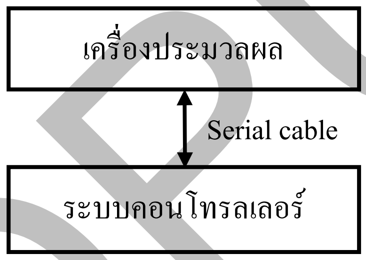
direcA : ทิศทางการเลี้ยวที่คำนวณ

speedA : ความเร็วที่คำนวณ

lcaml – rcaml : ทำให้รถวิ่งกลางถนนได้

4. ส่วนการสั่งงานการเคลื่อนที่ และรับ-ส่งข้อมูล

ส่วนการสั่งงานการเคลื่อนที่ของระบบที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลเป็นการสั่งงานไปยังระบบคอนโทรลเลอร์และรับค่าการเคลื่อนที่ของตัวรถมา การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องประมวลผลกับระบบคอนโทรลเลอร์จะทำผ่าน Serial Port



รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการสั่งงานการเคลื่อนที่และรับ–ส่งข้อมูล

DPU

3.3.2 การเชื่อมต่อระบบตัดสินใจกลางกับส่วนต่างๆ

เนื่องจากระบบตัดสินใจกลางเป็นศูนย์กลางในการรับข้อมูลที่นำเข้าจากอุปกรณ์ตรวจจับและส่งคำสั่งควบคุมไปยังระบบควบคุมอีกด้วย ทำให้เกิดการเชื่อมต่อกับระบบตัดสินใจกลางในรูปแบบที่ต่างกัน ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถจำแนกได้ดังนี้

ส่วนการรับส่ง-ข้อมูลระหว่างเครื่องประมวลผลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องประมวลผลกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำผ่านพอร์ตอนุกรมหรือ Serial port หลังจากการวิเคราะห์ จะได้ทิศทางการเคลื่อนที่และความเร็วของรถแล้วจึงสั่งให้รถทำตามโดยผ่าน Serial port ไปยังคอนโทรลเลอร์ และรับข้อมูลของรถกลับมาเพื่อนำมาวิเคราะห์ในครั้งต่อไปโดยในโปรแกรม Matlab นั้นทำการเปิด Serial port ในการทำงานใช้เวลาประมาณ 7-9 วินาที จึงได้ทำการเปิด Serial port เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ก่อนสั่งงานให้รถเคลื่อนที่ รูปที่ 3.28 ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้งานเกี่ยวกับ Serial port

```
mySerial = serial ( 'Com4' ) ;
set (mySerial, 'InputBufferSize' , 8000) ;
fopen (mySerial) ;
myData = [ [' SP ' speed ' , '] [ ' TU ' turn ' , '] [ ' SEN10, ;' ] ] ;
mySerial. Terminator = ' CR ' ;
fwrite (mySerial , [myData char (13) ] ) ;
sensorData = fscanf (mySerial, '%s ' ) ;
```

รูปที่ 3.28 ตัวอย่างคำสั่งการใช้งาน Serial port ด้วยโปรแกรม Matlab

mySerial : ตั้งค่า Serial port ที่ต้องการเชื่อมต่อ

8000 : เลขขนาดข้อมูลที่กำหนดไว้

myData : ตัวแปรข้อมูลที่ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

mySerial.Terminator : เมื่อ Serial port พบคำสั่ง Enter จะรู้ว่าเป็นการหมดชุดคำสั่ง

fwrite : ส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

sensorData : รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปแบบการรับส่งข้อมูลระหว่างระบบตัดสินใจกับระบบต่างๆ

รูปแบบการรับส่งข้อมูลของระบบตัดสินใจกับระบบต่างๆได้ถูกออกแบบไว้ เพื่อให้ระบบต่างๆ นั้นสามารถรับส่งข้อมูลได้ถูกต้อง ตรงกัน ซึ่งระหว่างระบบตัดสินใจกับระบบขอบทาง ระบบสิ่งกีดขวางและสัญญาณจราจร ระบบระบุตำแหน่ง และระบบแผนที่นั้น ค่าที่รับส่งกันจะอยู่ในรูปแบบของ parameter เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้อยู่ในตัวประมวลผลเดียวกัน ส่วนระหว่างระบบตัดสินใจกับระบบคอนโทรลนั้นค่าที่รับส่งกันผ่านสาย Serial นั้นได้มีการออกแบบการรับส่งเป็นชุดคำสั่งซึ่งรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้นั้นเน้นให้สามารถเรียกใช้และทำความเข้าใจได้ง่าย

ระบบตัดสินใจ – ระบบขอบทาง

สิ่งที่ระบบตัดสินใจต้องการจากส่วนของระบบขอบทาง คือข้อมูลของระยะความกว้างของถนนจากกล้อง และสิ่งแปลกปลอมที่ระบบขอบทางตรวจเจอ โดยรูปแบบของข้อมูลที่รับจากระบบขอบทางเป็นรูปแบบดังนี้ [Direction] Ex : (L)

- parameter ที่1 คือ ทิศทางการบังคับเลี้ยว ซึ่งมี 3 แบบคือ L R และ N หมายถึงให้เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และตรง ตามลำดับ

ระบบตัดสินใจ – ระบบสัญญาณจราจร

สิ่งที่ระบบตัดสินใจต้องการจากส่วนของระบบสัญญาณจราจร คือ ข้อมูลของระยะของสัญญาณจราจรที่พบ และความหมายของสัญญาณจราจร โดยรูปแบบของข้อมูลที่รับจากระบบสัญญาณจราจรเป็นรูปแบบดังนี้ [Sign, Distance_ Label] Ex : (TR, 5.2)

- parameter ที่ 1 คือ สัญญาณจราจรอะไรที่ตรวจพบค่าที่เป็นได้คือ TL, TR
- parameter ที่ 2 คือ ระยะของสัญญาณจราจรที่พบถึงตัวรถ มีหน่วยเป็นเมตร

DPU

ระบบตัดสินใจ – ระบบสิ่งกีดขวาง

สิ่งที่ระบบตัดสินใจต้องการจากส่วนของระบบสิ่งกีดขวาง คือข้อมูลของระยะและทิศทางของวัตถุ โดยรูปแบบของข้อมูลที่รับจากระบบสิ่งกีดขวางเป็นรูปแบบดังนี้ [dir, Distance_Obstacle] Ex : (4.5, 5.2)

- parameter ที่ 1 คือ ทิศทางของสิ่งกีดขวางหน่วยเป็นองศา
- parameter ที่ 2 คือ ระยะของสิ่งกีดขวาง มีหน่วยเป็นเมตร

ระบบตัดสินใจ – ระบบระบุตำแหน่ง

สิ่งที่ระบบตัดสินใจต้องการจากส่วนของระบบระบุตำแหน่ง คือค่าพิกัดของรถเป็น2 มิติ ตามแนวแกน x, y โดยพิกัด (0,0) คือมุมซ้ายล่างของแผนที่ และข้อมูลของทิศทางของรถ โดยรูปแบบของข้อมูลที่รับจากระบบระบุตำแหน่งเป็นรูปแบบ ดังนี้ Ex : (150 200 30)

- parameter ที่ 1 คือ ตำแหน่งของตัวรถในแนวแกน x
- parameter ที่ 2 คือ ตำแหน่งของตัวรถในแนวแกน y
- parameter ที่ 3 คือ ทิศทางของตัวรถโดยมีค่าเป็น -180 ถึง 180 โดยที่ 0 คือ ทิศเหนือแล้วนับมาทางทวนเข็มนาฬิกา

ระบบตัดสินใจ – ระบบแผนที่

สิ่งที่ระบบตัดสินใจติดต่อกับระบบแผนที่แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนของการส่งข้อมูล และส่วนของการรับข้อมูล

ส่วนของการส่งข้อมูลจากระบบตัดสินใจให้ระบบแผนที่คือค่าพิกัดตัวรถในแนวแกน X Y ค่าองศาตัวรถในขณะนั้น ดังนี้ [x, y, Direction] Ex : ([400 180 0])

- parameter ที่ 1 คือ ระยะจากพิกัดของตัวรถในแนวแกน X
- parameter ที่ 2 คือ ระยะจากพิกัดของตัวรถในแนวแกน Y
- parameter ที่ 3 คือ องศาของตัวรถในขณะนั้น

ส่วนของการรับข้อมูลสิ่งที่ระบบตัดสินใจต้องการจากส่วนของระบบแผนที่ คือ ข้อมูลของระยะจากพิกัดของตัวรถถึงพิกัดที่จะทำการเลี้ยว (ทางแยก) ที่ได้เคยบันทึกพิกัดไว้แล้ว และทิศทางที่ควรจะเลี้ยว ดังนี้ [Distance, Angle] Ex : (250 30)

- parameter ที่ 1 คือ ระยะจากพิกัดของตัวรถถึงพิกัดที่จะทำการเลี้ยว มีหน่วยเป็นเซนติเมตร
- parameter ที่ 2 คือ ทิศทางที่จะเลี้ยวโดยที่ 0 คือทิศเหนือแล้วนับมาทางทวนเข็มนาฬิกา

DPU

ระบบตัดสินใจ – ระบบคอนโทรลเลอร์

สิ่งที่ระบบตัดสินใจติดต่อกับระบบคอนโทรลเลอร์แบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ ส่วนของการสั่งงานของระบบตัดสินใจไปยังระบบคอนโทรลเลอร์ ส่วนของการร้องขอข้อมูลจากระบบตัดสินใจโดยค่าที่ขอเป็นค่าของระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ และส่วนที่ระบบคอนโทรลเลอร์ส่งมาให้ระบบตัดสินใจ ซึ่งมองคำสั่งเป็นชุดๆ แต่ละชุดจะขั้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ซึ่งแต่ละชุดคำสั่งเป็นดังนี้

- ส่วนการสั่งงานจากระบบตัดสินใจไปยังระบบคอนโทรลเลอร์

ชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ S ตามด้วยความเร็ว (-30 ถึง 30 ค่าลบคือการถอยหลัง) ตามด้วยอัตราเร่ง (H,L ซึ่ง H คือทันทีทันใด L คือค่อยเป็นค่อยไป) Ex : S20L

ชุดคำสั่งการเลี้ยว T ตามด้วยองศาการเลี้ยว (-45 ถึง 45 โดยที่ค่าลบคือการเลี้ยวไปทางขวา) Ex : T30

ชุดคำสั่งไฟเลี้ยว Lหรือ R เป็นตัวกำหนดข้างของไฟเลี้ยว (L ข้างซ้าย R ข้างขวา) ตามด้วย 0 หรือ 1 (0 คือสั่งให้ไฟดับ, 1 คือ สั่งให้ไฟติด) Ex : L1

ชุดคำสั่งเสียง HORN ตามด้วยค่าเสียงที่ 0 – 5 (0 คือปิดเสียง 1-5 เป็นเสียงต่างๆ) Ex : HORN3

- ส่วนของการร้องขอข้อมูลจากระบบตัดสินใจ

ชุดคำสั่งร้องขอข้อมูลเซนเซอร์ SE ตามด้วยอัตราการส่งต่อวินาทีมีค่า 1- 9 ซึ่งค่าสำหรับการสั่งให้หยุดการส่งจะเป็น 0 และค่าการร้องขอข้อมูลครั้งเดียวคือ n Ex : SE0, SEn, SE4

- ส่วนที่ระบบคอนโทรลเลอร์ส่งมาให้ระบบตัดสินใจ

ชุดข้อมูลของ Wheel encode ของล้อด้านซ้าย wl ตามด้วยจำนวนระยะที่นับได้ Ex : wl400

ชุดข้อมูลของ Wheel encode ของล้อด้านขวา wl ตามด้วยจำนวนระยะที่นับได้ Ex : wr300

ชุดข้อมูลของทิศทางของหน้ารถ t ตามด้วยองศา (-45 ถึง 45) Ex : t30

ชุดข้อมูลของทิศทางของตัวรถ d ตามด้วยองศา (0 ถึง 360) Ex : d90

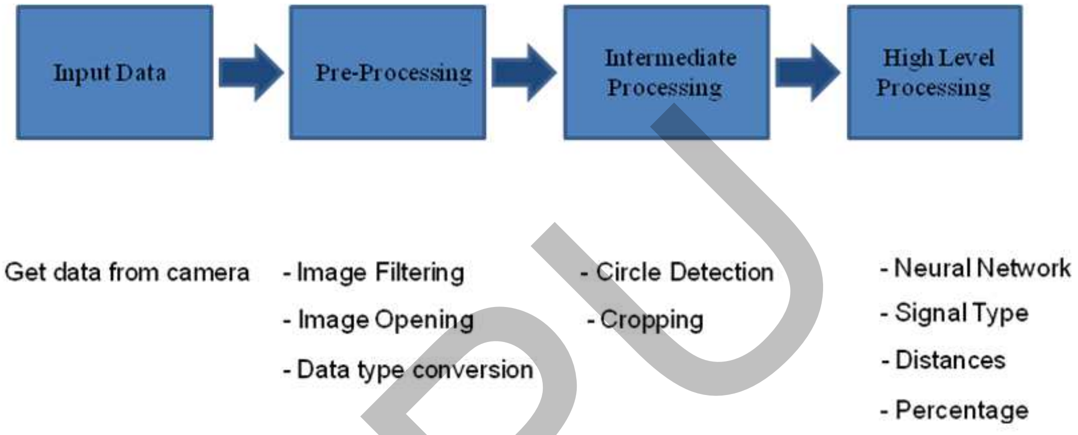
ชุดข้อมูลของรอบเวลาการเก็บข้อมูล ti ตามด้วยรอบเวลา (เป็น1/1000วินาที) Ex : ti800

DPU

3.4 การวิเคราะห์สัญญาณภาพ

ในส่วนนี้เป็นการวางแผนการทำงานของระบบการวิเคราะห์ภาพเพื่อส่งค่าการวิเคราะห์ภาพให้กับระบบตัดสินใจกลางที่ทำการควบคุมรถอัตโนมัติให้สามารถเคลื่อนที่ไปบนถนน ซึ่งการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะเป็นขั้นตอนการทำงานของระบบวิเคราะห์ป้ายจราจร และระบบระบุขอบทาง ซึ่งแต่ละระบบจะอธิบายถึงขั้นตอนการวิเคราะห์โดยการใช้แผนภาพบล็อกไดอะแกรม

3.4.1 ระบบวิเคราะห์ป้ายจราจร



รูปที่ 3.29 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของระบบป้ายจราจร

- **Input Data**

รูปที่ 3.30 ภาพป้ายจราจรที่ได้จากกล้องดิจิตอลชนิดป้ายเลี้ยวขวา

DPU

จากรูปที่ 3.30 เป็นภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอล โดยลักษณะของป้ายจราจรมีเพียงแค่สีขาวและสีดำ โดยสีขาวนั้นจะเป็นพื้นของป้ายส่วนสีดำนั้นจะเป็นส่วนของสัญลักษณ์ที่อยู่ในป้าย ซึ่งในที่นี้ลักษณะของสัญลักษณ์ในป้ายจะเป็นลูกศรเลี้ยวขวา ความละเอียดของภาพนั้นจะไม่ละเอียดเท่าภาพที่ถ่ายจากกล้อง แต่จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณภาพ (TV Box)

- **Pre-Processing**

ขั้นที่ 1 Image Filtering (imfill)

ก.ภาพที่ถ่ายได้จากกล้อง ข.ภาพหลังจากผ่านเทคนิค imfill

รูปที่ 3.31 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิคการเติมภาพ (imfill)

ในการประมวลผลขั้นแรกนี้ จะเริ่มต้นโดยการใช้เทคนิคการแปลงให้เป็นภาพสีเทา และการกรองภาพ Image Filtering เพื่อให้เห็นสัญลักษณ์วงกลมชัดเจนซึ่งเหมาะสมในการประมวลผลขั้นต่อไป โดยฟังก์ชั่นที่ใช้คือ imfill

ขั้นที่ 2 imopen

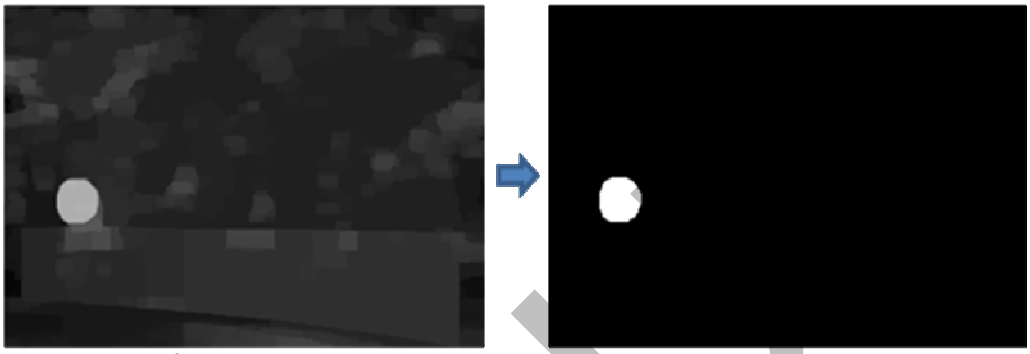
ก.ภาพที่ได้หลังจากผ่าน imfill ข.ภาพหลังจากผ่าน imopen

รูปที่ 3.32 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Opening

รูปที่ 3.32 เป็นการใช้เทคนิคการเปิดภาพ Opening ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่อยู่ในส่วนของการประมวลผลโครงสร้างของภาพ (Morphological Image Processing) เป็นการทำให้ผิวขอบของวัตถุหรือป้ายจราจรมีความโค้งมนราบเรียบ โดยการตัดหรือทำลายส่วนที่เป็นคอคอด และส่วนที่โผล่

ยื่นออกไป เช่น ส่วนที่เป็นเสาของป้ายจราจร โดยฟังชั่นที่ใช้คือ A = imopen(I_open,SE) โดย SE จะเป็นตัวแปรของรูปแบบโครงสร้าง(Structuring Element) ที่ต้องการลบหรือทำลาย ซึ่งฟังชั่นที่ใช้คือ SE = strel('line',21,0) ซึ่งสิ่งที่ต้องลบออกจากภาพคือส่วนที่เป็นเสาของป้ายจราจรเพราะมีเสาของป้ายนั้นลักษณะเป็นเส้นตรง ดังนั้นชนิดรูปแบบโครงสร้างที่ต้องการลบจะเป็นชนิด ‘line’ จากนั้นก็จะนำภาพที่ได้ไปสู่การประมวลผลในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 Binary image



ก.ภาพที่ได้หลังจากผ่าน imopen ข.ภาพหลังจากผ่าน im2bw

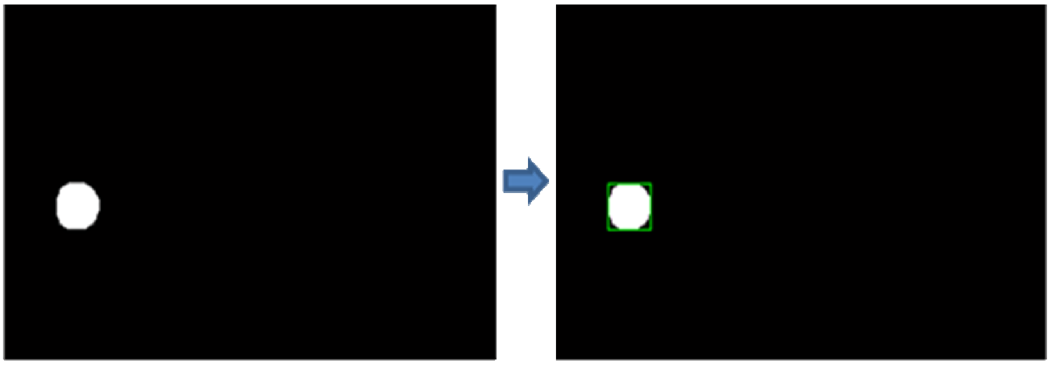
รูปที่ 3.33 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Data Type Conversion

รูปที่ 3.33 เป็นเทคนิคในการแปลงชนิดข้อมูลภาพ Data Type Conversion คือ การทำให้ภาพเป็นชนิด Binary Image ทำให้ภาพสีเหลือเพียงแค่สองสีคือสีขาวและสีดำ โดย pixel ที่เป็นสีดำจะมีค่าสีเท่ากับ 0 และ pixel ที่เป็นสีขาวจะมีค่าสีเท่ากับ 1 ฟังชั่นที่ใช้คือ im2bw

DPU

- **Intermediate-Processing**

ขั้นที่ 4 Circle detection



ก.ภาพที่ได้หลังจากผ่าน im2bw ข.วงกลมที่ตรวจจับได้จากภาพ

รูปที่ 3.34 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Circle Detection

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการประมวลผลขั้นกลาง Intermediate-Processing เมื่อได้รูปภาพที่มาจากการประมวลผลขั้นต้น Pre-Processing แล้วรูปภาพที่ได้จะมีชนิดข้อมูลเป็นแบบ Binary Image ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการใช้เทคนิคในการตรวจจับวงกลม Circle Detection โดยใช้ฟังชั่น regionprops ซึ่งเป็นฟังชั่นในการวัดคุณสมบัติพื้นที่ของรูปภาพ เมื่อทำการตรวจจับแล้วจะตัดพื้นที่บริเวณวงกลมนั้น Cropping นำไปประมวลผลเพื่อหาสัญลักษณ์ที่อยู่ในป้ายต่อไป

ขั้นที่ 5 Image cropping

รูปที่ 3.35 ภาพป้ายเลี้ยวขวาที่ผ่านการใช้เทคนิค Cropping

รูปที่ 3.36 ภาพป้ายเลี้ยวซ้ายที่ผ่านการใช้เทคนิค Cropping

รูปที่ 3.35 และ รูปที่ 3.36 เป็นการตัดแบ่งพื้นที่ใช้งาน Cropping โดยการตัดแยกเอาเฉพาะส่วนที่ได้จากการใช้เทคนิคการตรวจจับวงกลม Circle Detection ซึ่งส่วนที่เป็นวงกลมนั้นก็คือส่วนของป้ายจราจร จากนั้นทำการตัดพื้นที่ส่วนนี้ออก ฟังก์ชั่นที่ใช้คือ imcrop เพื่อที่จะนำภาพที่ได้ไปใช้ในการประมวลผลขั้นต่อไปซึ่งก็คือการประมวลผลละดับสูง High Level Processing เพื่อหาความหมายของภาพต่อไป

- **High Level Processing**

ในส่วนนี้จะเป็นการประมวลผลขั้นสุดท้ายซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์รูปภาพป้ายจราจรที่ได้จากการ Cropping มาวิเคราะห์ว่าสัญลักษณ์ที่อยู่ในป้ายนั้นเป็นป้ายอะไร เช่น ป้ายเลี้ยวซ้าย (Turn LEFT) ป้ายเลี้ยวขวา (Turn RIGHT) ซึ่งในส่วนนี้จะนำเอาเทคนิคข่ายงานประสาท Neural Network มาใช้ในการวิเคราะห์สัญลักษณ์ที่อยู่ในป้าย โดยการเรียนรู้จากตัวอย่างที่มีอยู่ เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วจะได้ข้อมูลของป้ายจราจรดังรูปที่ 3.37 ซึ่งก็จะมี ชนิดของป้ายจราจร(Sign) ได้ Turn RIGHT(เลี้ยวขวา) และระยะทางของป้าย(Distance_Lable) ได้ 6.1 เมตร และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลป้ายเลี้ยวขวานี้ คือ 0.601 วินาที และดังรูปที่ 3.38 ซึ่งก็จะมี ชนิดของป้ายจราจร(Sign) ได้ Turn LEFT(เลี้ยวซ้าย) และระยะทางของป้าย(Distance_Lable) ได้ 5.2 เมตร และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลป้ายเลี้ยวซ้ายนี้ คือ 0.720 วินาที ทั้งนี้ระยะทางของป้ายถึงตัวกล้องจะได้มาจากสัดส่วนจำนวน pixel ของสัญลักษณ์ภาพ โดยถ้าในภาพตรวจจับป้ายได้ขนาดเล็กแสดงว่าป้ายอยู่ไกล เนื่องจากขนาดจริงของป้ายได้กำหนดไว้ล่วงหน้า

```
Elapsed time is 0.601 seconds.

Sign_Traffic =

                         Sign : 'Turn RIGHT'

          Distance_Label : 6.1
```

รูปที่ 3.37 ข้อมูลป้ายเลี้ยวขวาที่ระบบตรวจจับป้ายจราจรวิเคราะห์และส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง โดยใช้โปรแกรม MATLAB ประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนรถ

```
Elapsed time is 0.720 seconds.

Sign_Traffic =

                         Sign : 'Turn LEFT'

          Distance_Label : 5.2
```

รูปที่ 3.38 ข้อมูลป้ายเลี้ยวซ้ายที่ระบบตรวจจับป้ายจราจรวิเคราะห์และส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง โดยใช้โปรแกรม MATLAB ประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนรถ

DPU

ค่าที่ระบบวิเคราะห์ป้ายจราจรส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง

ข้อมูลที่ระบบวิเคราะห์ป้ายจราจร จะส่งไปยังระบบตัดสินใจกลางมีอยู่ด้วยกัน 2 กรณี ดังต่อไปนี้

From Sign_Traffic = [Sign, Distance_ Label] โดยที่

Sign = TR, TL (สัญลักษณ์ของป้ายจราจร)

Distance_ Label = unit in m (ระยะห่างตัวรถกับป้ายจราจร)

กรณีที่ 1 สัญลักษณ์ป้ายจราจรเลี้ยวขวา

ตัวอย่าง: Sign = TR, Distance_ Label = 6.1

หมายถึง สัญลักษณ์ของป้ายจราจรเลี้ยวขวา และมีระยะห่าง 6.1 เมตร ดังรูปที่ 3.37

กรณีที่ 2 สัญลักษณ์ป้ายจราจรเลี้ยวซ้าย

ตัวอย่าง: Sign = TL, Distance_ Label = 5.2

หมายถึง สัญลักษณ์ของป้ายจราจรเลี้ยวซ้าย และมีระยะห่าง 5.2 เมตร ดังรูปที่ 3.38

3.4.2 ระบบระบุขอบทาง

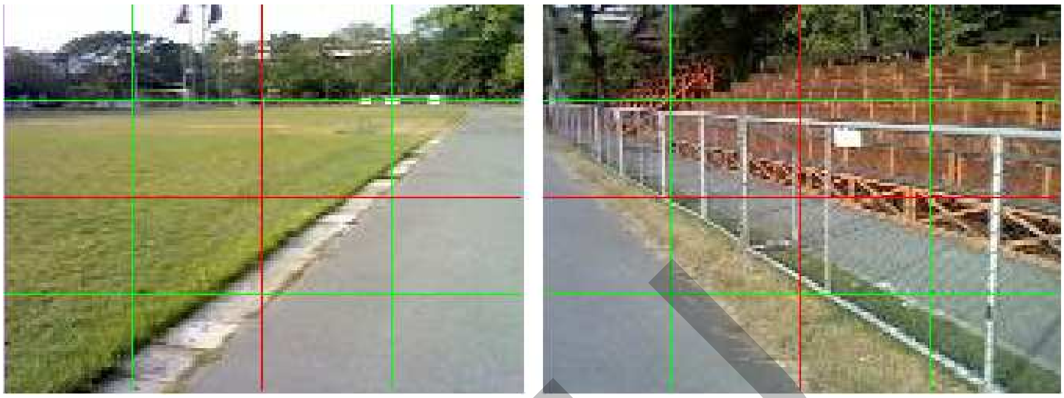
รูปที่ 3.39 ขั้นตอนของระบบระบุขอบทาง

ระบบนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ รับภาพจากกล้องจำนวน 2 ตัวทางซ้ายและทางขวา จากนั้นส่งไปสู่ระบบนการ Pre-Processing เพื่อให้ได้ขอบทาง และจะคำนวณหาระยะขอบทางในส่วนของ Post-Processing ดังแสดงในรูปที่ 3.39

DPU

- **Input Data**

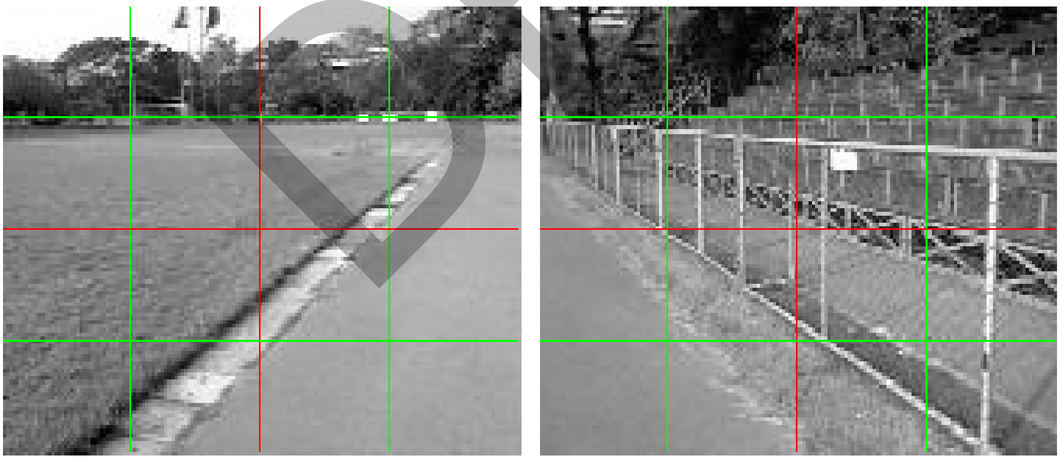
จะเป็นการทำงานของกล้องเว็บแคมเพื่อทำการจับภาพถนน และสร้างเส้นตารางขึ้นมาเพื่อให้ทราบขนาดของภาพโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยเส้นสีแดงจะเป็นเส้นแบ่งกึ่งกลางของภาพในแนวแกน X และแกน Y ทำให้สะดวกต่อการทดสอบ แล้วภาพที่ได้จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผล



รูปที่ 3.40 ภาพที่ได้การกล้องเว็บแคม และทำการสร้างตาราง

- **Pre-Processing**

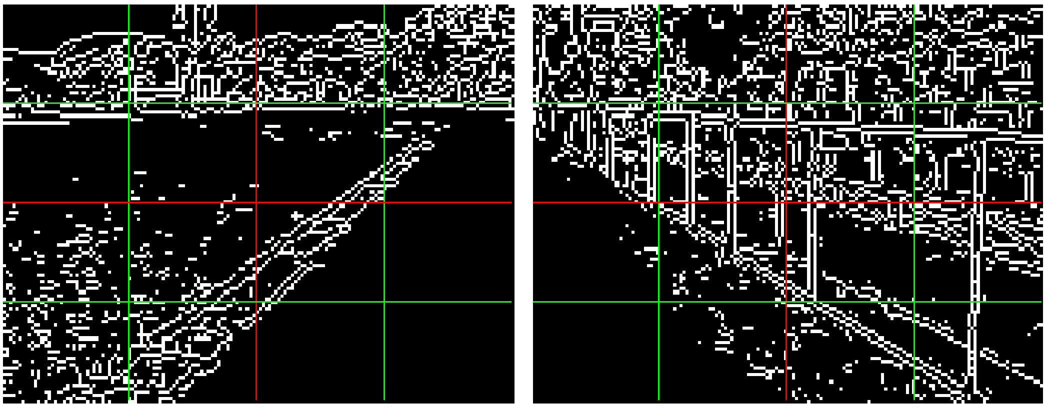
การประมวลผลขั้นแรกจะเริ่มทำการแปลงภาพสีชนิด RGB ให้เป็นภาพสีชนิด Grayscale ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การแปลงภาพสีชนิด RGB เป็นภาพสีชนิด Grayscale

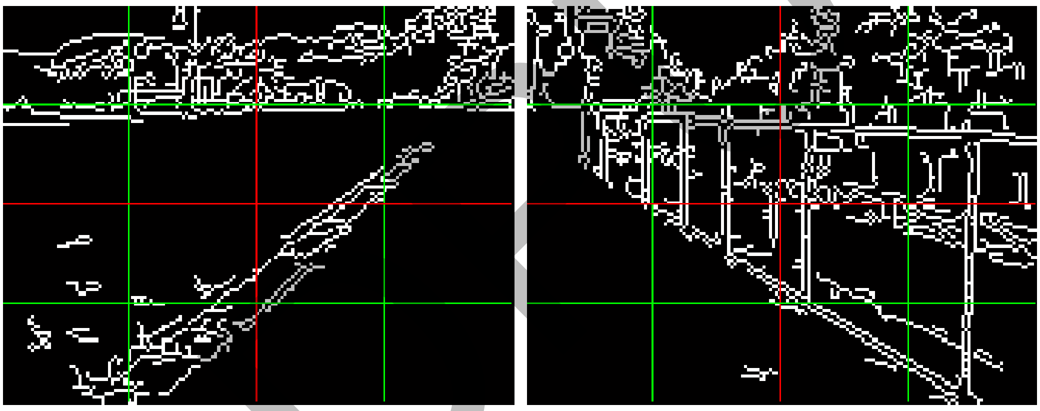
การประมวลผลขั้นที่สองจะทำการนำภาพชนิด Grayscale มาเข้าสู่กระบวนการหาขอบภาพ โดยใช้เทคนิค Canny (อ้างอิงเพิ่มเติมที่หัวข้อ 2.4.6) ในการทำภาพให้เป็นขอบภาพ ดังรูปที่ 3.42

DPU



รูปที่ 3.42 การหาขอบภาพโดยใช้เทคนิค Canny

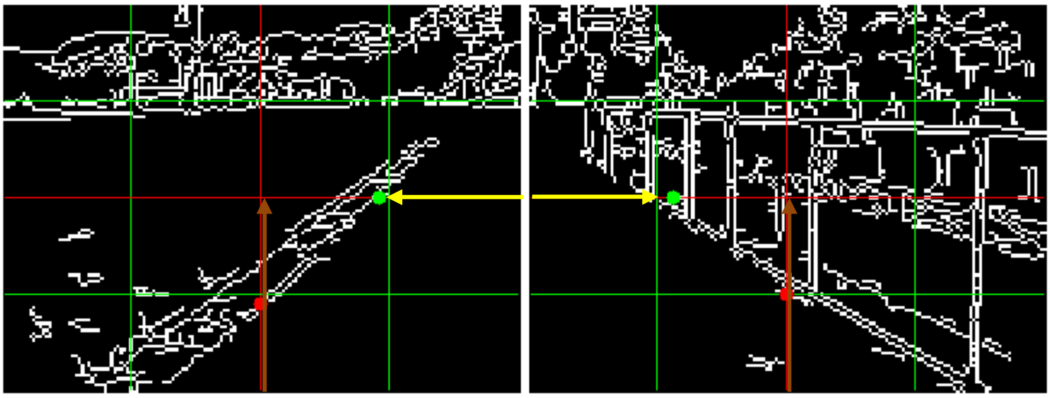
การประมวลผลขั้นที่สาม จะนำภาพที่ได้ทำการแปลงเป็นขอบภาพ ทำการลดสัญญาณรบกวนหรือกำจัด Noise (อ้างอิงเพิ่มเติมที่หัวข้อ 2.4.5) เพื่อที่จะได้เห็นขอบภาพที่ชัดเจน ดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 การกำจัดสัญญาณรบกวนหรือกำจัด Noise

- **Post-Processing**

เมื่อได้ภาพที่มีความเหมาะสมแล้วก็จะนำภาพที่ได้ไปประมวลผลขั้นต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3.44 โดยจะใช้เทคนิคในการหาขอบภาพ เพื่อตรวจหาขอบทาง โดยจะใช้จุดสีแดงเป็นการหาค่าขอบภาพที่ได้ในแนวแกน Y โดยจะตรวจสอบจากด้านล่างของภาพไล่ขึ้นบน และจุดสีเขียวจะเป็นการหาค่าขอบภาพที่ได้ในแนวแกน X โดยกล้องซ้ายจะตรวจสอบจากด้านขวาไปด้านซ้ายของภาพ และกล้องขวาจะตรวจสอบจากด้านซ้ายไปด้านขวาของภาพ จะได้ค่าตำแหน่งของขอบ 4 ค่า คือ ค่าที่ได้จากกล้องซ้าย 2 และกล้องขวา 2 ค่า โดยจุดสีแดงจะเป็นค่าของขอบทาง จุดสีเขียวจะเป็นค่าที่ใช้ในการตรวจสอบว่าค่าของจุดสีแดงเป็นค่าของขอบใบไม้ที่อยู่บนถนนหรือไม่ และเป็นค่าที่ช่วยบอกทิศทางการเลี้ยว จากนั้นก็จะได้ค่าของทิศทาง เช่น ค่าการเลี้ยวซ้าย (L) ค่าการเลี้ยวขวา(R) และไม่ทำการเลี้ยว(N) เมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จก็จะทำการส่งข้อมูลไปยังระบบตัดสินใจกลางต่อไป



รูปที่ 3.44 การหาค่าของขอบทางในแกน X และแกน Y

หมายเหตุ : กรณีที่ระบบแผนและระบบระบุขอบทาง มีการบอกทิศทางการเลี้ยวแตกต่างกัน เช่น ระบบแผนที่บอกให้เลี้ยวซ้าย แต่ระบบระบุขอบทางบอกให้เลี้ยวขวา ซึ่งทิศทางการเลี้ยวที่แตกต่างกันนี้ ระบบตัดสินใจกลางจะทำงานตามทิศทางการเลี้ยวของระบบแผนที่ และถ้าระบบแผนที่ไม่ได้บอกทิศทางการเลี้ยว แต่ระบบระบุขอบทางบอกทิศทางเลี้ยว ระบบตัดสินใจกลางจะทำงานตามทิศทางการเลี้ยวของระบบระบุขอบทาง

ค่าที่ระบบระบุขอบทางส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง

กรณีที่เกิดขึ้นในระบบระบุขอบทาง และจะมีการส่งข้อมูลไปยังระบบตัดสินใจกลางมีอยู่ด้วยกัน 3 กรณี ดังต่อไปนี้

From Wayside = [Direction] โดยที่

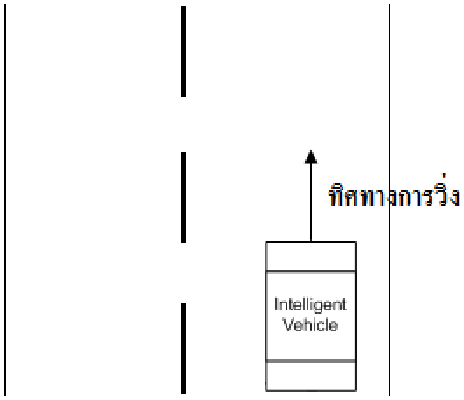
Direction = L, R, N (ทิศทางการเลี้ยวของรถ)

กรณีที่ 1 ตำแหน่งของตัวรถอยู่ในตำแหน่งเลี้ยวซ้าย

ตัวอย่าง: Direction = L

หมายถึง ให้ระบบตัดสินใจกลางเลี้ยวซ้าย

DPU

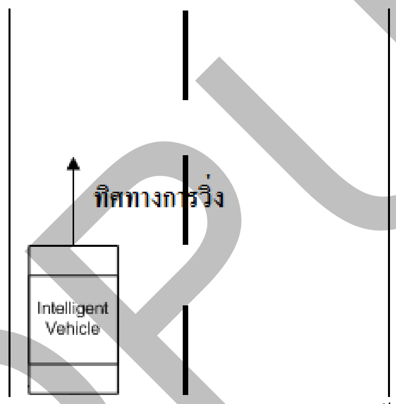


รูปที่ 3.45 ตำแหน่งรถที่อยู่ในตำแหน่งเลี้ยวซ้าย

กรณีที่ 2 ตำแหน่งของตัวรถอยู่ในตำแหน่งเลี้ยวขวา

ตัวอย่าง: Direction = R

หมายถึง ให้ระบบตัดสินใจกลางเลี้ยวขวา

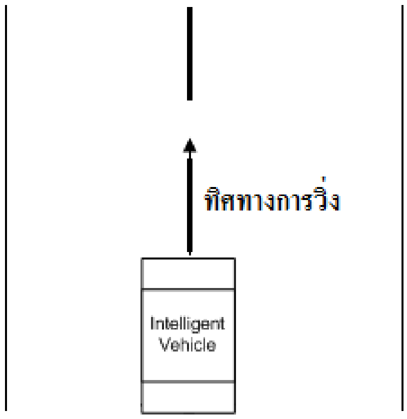


รูปที่ 3.46 ตำแหน่งรถที่อยู่ในตำแหน่งเลี้ยวขวา

กรณีที่ 3 ตำแหน่งของตัวรถอยู่ในตำแหน่งไม่ทำการเลี้ยว

ตัวอย่าง: Direction = N

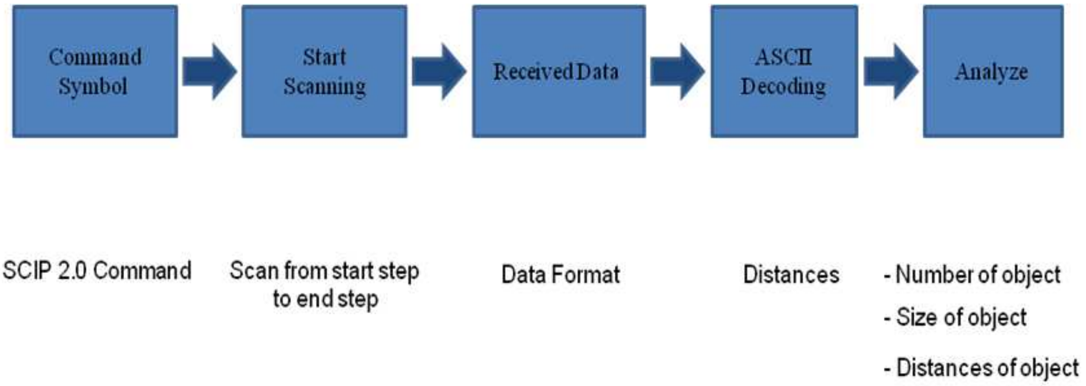
หมายถึง ให้ระบบตัดสินใจกลางไม่ทำการเลี้ยว



รูปที่ 3.47 ตำแหน่งรถที่ในตำแหน่งไม่ทำการเลี้ยว

DPU

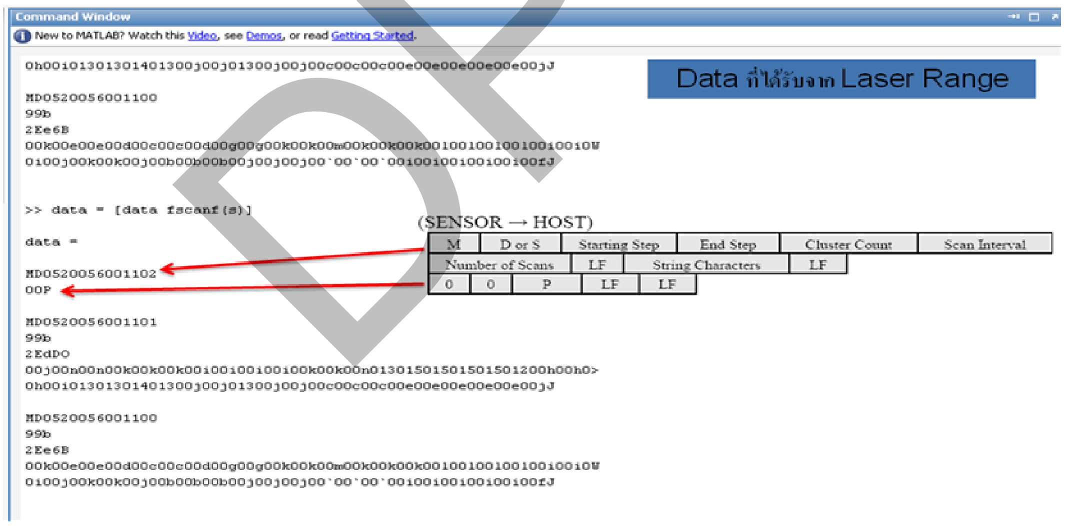
3.5 การวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง



รูปที่ 3.48 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของระบบระบุสิ่งกีดขวาง

- **Command Symbol**

การใช้คำสั่งหรือ Command ที่อยู่ใน Protocol SCIP2.0 (อ้างอิงเพิ่มเติมที่หัวข้อ 2.3.2) ในการสั่งการให้ Laser Range Finder ทำงานให้ตรงตามความต้องการ รูปที่ 3.49 แสดงค่ารับส่งค่าระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่อง Laser Range



รูปที่ 3.49 ค่า Command Echo ที่ได้จาก Laser Range

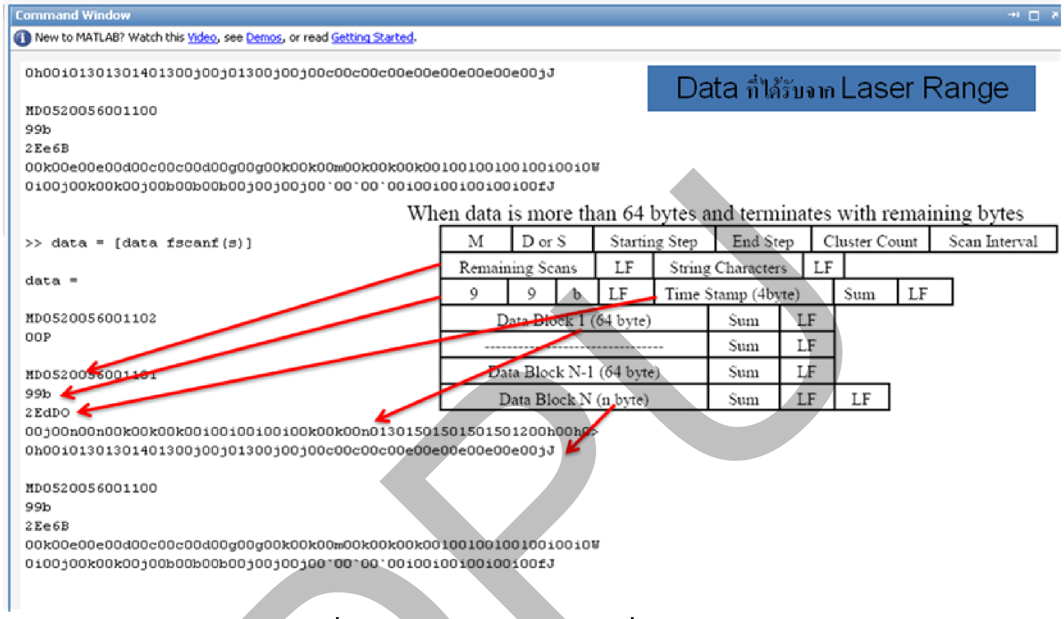
- **Start Scanning**

เมื่อ Laser Range ได้รับคำสั่งจะทำการ Scan จากตำแหน่งแรกไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย แล้วส่งค่าของระยะทางที่ได้กลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

DPU

- **Received Data**

หลังจากที่ Laser Range ทำการ Scan และส่งค่ากลับมานั้น ข้อมูลที่ส่งกลับมาจะอยู่ในรูปของ Data Format และใน Format นั้นจะมีค่าของระยะทางที่ได้รวมอยู่ด้วยแต่ข้อมูลนั้นจะถูกเข้ารหัส ตามรูปแบบของ Protocol SCIP2.0 ดังแสดงในรูปที่ 3.50



รูปที่ 3.50 ลักษณะของ Data ที่ได้จากการ Scan

- **ASCII Decoding**

ข้อมูลดิบที่ได้จะต้องผ่านกระบวนการถอดรหัสข้อมูลตามรูปแบบของ Protocol SCIP2.0 ให้อยู่ในรูปของค่าระยะทางที่เป็นเลขฐานสิบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดและระยะทางของสิ่งกีดขวาง รูปที่ 3.51 แสดงตัวอย่างการถอดรหัส

m2@0 = m 2 @ 0

↓ Hexadecimal Equivalent

6DH 32H 40H 30H

↓ Subtract 30H

3DH 2H 10H 0H

↓ Binary Equivalent

111101_2 000010_2 010000_2 000000_2

↓ Merge

$111101000010010000000000_2$

↓ Decimal Equivalent

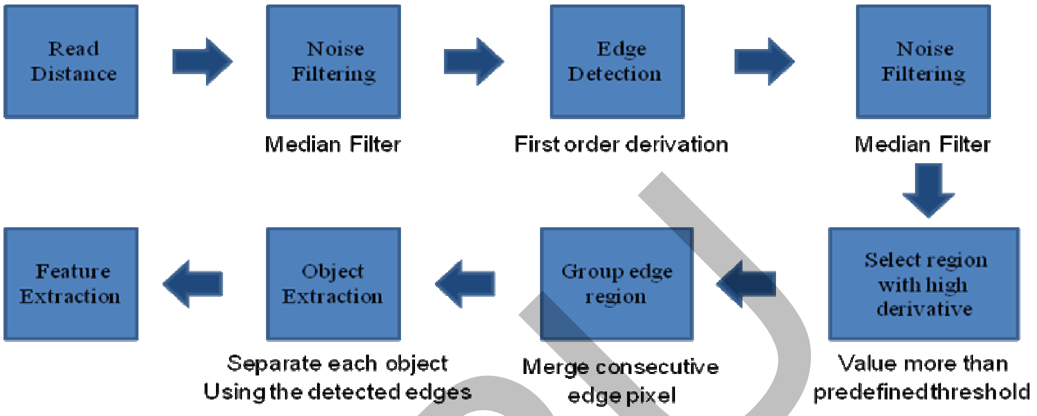
16,000,000

รูปที่ 3.51 ตัวอย่างการถอดรหัส

DPU

- **Analyze**

การวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนของวัตถุที่พบ การวิเคราะห์เพื่อหาขนาดและระยะของแต่ละวัตถุที่พบ จากนั้นก็จะส่งข้อมูลที่ได้ไปยังระบบตัดสินใจต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.52



รูปที่ 3.52 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสิ่งกีดขวาง

DPU

- **Read Distance**

การอ่านค่าระยะทางที่ได้จาก Laser Range ซึ่งค่าที่ได้นี้จะอยู่ในลักษณะของเลขฐานสิบและมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

- **Noise Filtering**

การอ่านค่าระยะทางที่ได้มาทำการกำจัด Noise หรือการทำให้ค่าที่ได้นั้นมีการเรียงกันอย่างเป็นระเบียบและยังทำให้เส้นกราฟที่ได้นั้นมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยการใช้เทคนิค median filter คือการคำนวณหาค่ากลางของค่าระยะทางในตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งถัดไป

- **Edge Detection**

การใช้เทคนิคของ Edge Detection โดยการเอาค่าตำแหน่งปัจจุบันลบจากตำแหน่งด้านซ้ายเพื่อหาส่วนต่างที่เป็นขอบวัตถุ

- **Noise Filtering**

นำจุดที่ได้จาก Edge Detection มาทำการกำจัด Noise หรือการทำให้ค่าที่ได้นั้นมีการเรียงกันอย่างเป็นระเบียบและยังทำให้เส้นกราฟที่ได้นั้นมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยการใช้เทคนิค median filter

- **Select region with high derivative**

กำหนดขอบเขตของ Object โดยการใช้ค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน เช่น ตำแหน่งที่มีค่ามากอย่างกะทันหันหรือตำแหน่งที่มีค่าน้อยอย่างกะทันหัน

- **Group edge region**

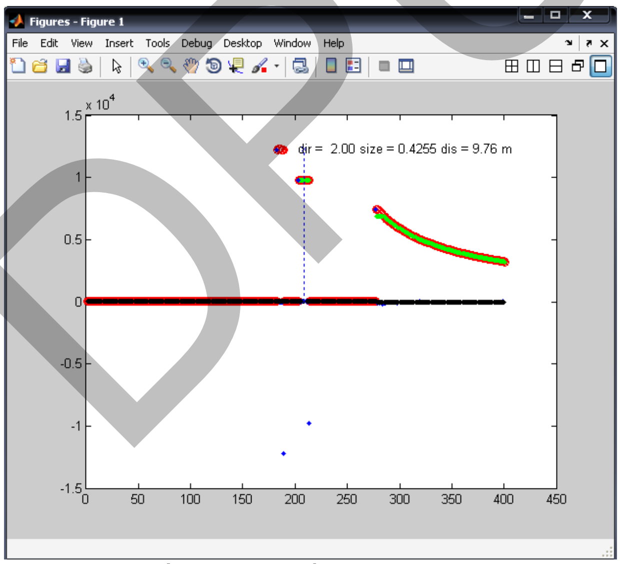
นำจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันในบริเวณที่ใกล้เคียงกันมารวมเข้าด้วยกันเป็นขอบเขตของวัตถุ

- **Object extraction**

การแบ่ง Object โดยกำหนดเส้นคั่นของแต่ละ Object โดยค่าของ edge ที่ได้มาเป็นตัวแบ่ง

- **Feature extraction**

การวิเคราะห์เพื่อเลือก Object ที่มีลักษณะเด่นหรือ Object ที่สนใจ โดยการกำหนดขนาดของวัตถุที่สนใจ ทำให้เหลือเพียงวัตถุที่มีขนาดตรงตามที่ต้องการ แต่ถ้ามีวัตถุที่มีขนาดที่ต้องการอยู่หลายชิ้น ก็จะทำการพิจารณาเฉพาะวัตถุที่อยู่ใกล้ที่สุดเท่านั้น และทำการส่งข้อมูลมุมจากด้านหน้ารถ และระยะทางจากวัตถุถึงรถให้ระบบตัดสินใจกลาง ดังแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์และผลลัพธ์ในรูปที่ 3.53 และ 3.54



รูปที่ 3.53 กราฟที่ได้จากการ Scan

Obstracles =

StepStart : 203

StepEnd : 213

Size : 0.425

dir : 2

Distance_Barrier : 9.760

รูปที่ 3.54 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการ Scan

DPU

ค่าที่ระบบวิเคราะห์สิ่งกีดขวางส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง

กรณีที่เกิดขึ้นในระบบวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง และจะมีการส่งข้อมูลไปยังระบบตัดสินใจกลางมีอยู่ด้วยกัน 2 กรณี ดังต่อไปนี้

From Obstacle = [dir, Distance_Obstacle] โดยที่

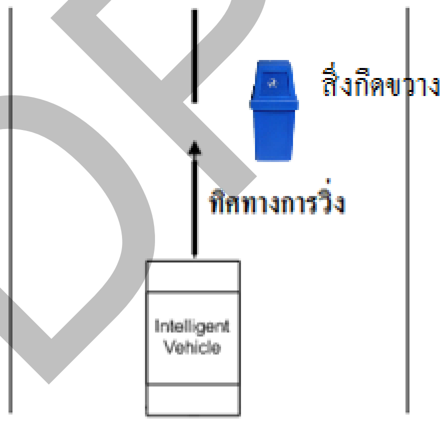
dir = - unit in degree, + unit in degree (บ่งบอกว่าวัตถุอยู่ทางด้านใดของตัวรถและทิศทางกี่องศา)

Distance_Obstacle = unit in m (ระยะห่างตัวรถกับสิ่งกีดขวาง)

กรณีที่ 1 สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านขวา ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.55

ตัวอย่าง: dir = -4.25, Distance_Obstacle = 7.23

หมายถึง วัตถุอยู่ทางด้านขวาของรถ มีองศาจากด้านหน้าของรถเท่ากับ 4.25 องศา และมีระยะห่าง 7.23 เมตร



รูปที่ 3.55 สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านขวา

DPU

กรณีที่ 2 สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านซ้าย ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.56

ตัวอย่าง: dir = 2, Distance_Obstacle = 9.76

หมายถึง วัตถุอยู่ทางด้านซ้ายของรถ มีองศาจากด้านหน้าของรถเท่ากับ 2 องศา และมีระยะห่าง 9.76 เมตร

รูปที่ 3.56 สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านซ้าย

3.6 การวิเคราะห์สัญญาณ GPS

เนื่องจากงานวิจัยเพื่อพัฒนารถอัจฉริยะมีการนำระบบต่างๆ เข้ามาร่วมในการตัดสินใจหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ ระบบที่นำมาใช้ได้แก่ ระบบระบุตำแหน่ง ระบบนำทาง และระบบแผนที่ ซึ่งแต่ละระบบที่กล่าวมาล้วนจำเป็นที่จะต้องอาศัยการทำงานของเทคโนโลยี GPS ทั้งสิ้น ดังนั้นเนื้อหาในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์สัญญาณ GPS เพื่อนำค่าที่ได้จากสัญญาณ GPS ไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบต่างๆ ดังที่กล่าวมา

3.6.1 รูปแบบของสัญญาณ GPS

การวางแผนในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82 เนื่องจาก GPS Module มีการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลโดยตรง สำหรับข้อมูลที่ได้จาก GPS Module จะเป็นข้อความ ASCII Code ตามมาตรฐาน NMEA (The National Marine Electronics Association) โดยมี Output NMEA Messages ข้อมูลที่มาจาก GPS Module จะแบ่งเป็น Sentence ต่างๆ โดยแต่ละ Sentence จะขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย $ และจะสิ้นสุด Sentence ด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่ ซึ่งเห็นได้ว่ามี Sentence [17] ต่างๆหลายรูปแบบดังตัวอย่าง

$GPGGA,102434,1611.0053,N,10318.3853,E,1,09,1.8,150.2,M,-21.8,M,,*65

$GPGSA,A,3,01,03,11,13,16,19,20,23,,31,,,2.8,1.8,1.3*3D

$GPGSV,3,2,10,16,28,028,39,19,56,175,42,20,24,229,42,23,59,315,47*78

$GPGLL,1611.0053,N,10318.3853,E,102434,A,A*40

$GPBOD,,T,,M,,*47

$GPVTG,235.9,T,236.4,M,9.8,N,18.2,K*7A

$PGRME,10.0,M,13.6,M,16.9,M*15

$PGRMZ,493,f,3*15

$PGRMM,User*58

$GPRTE,1,1,c,*37

$GPRMC,102436,A,1611.0017,N,10318.3802,E,11.5,232.6,040707,0.5,W,A*39

$GPRMB,A,,,,,,,,,,,,A,A*0B

ค่าต่างๆที่อ่านได้จาก GPS Module มีความหมายแตกต่างกันซึ่งอธิบายได้ดังนี้

GGA (Global Positioning System Fixed Data) ข้อมูลเวลาตำแหน่ง และ fix type data

GLL (Geographic Position-Latitude/Longitude) ให้ข้อมูลพิกัด (Latitude, longitude), เวลา UTC ของพิกัดและ สถานะ

GSA (GNSS DOP and Active Satellites) ให้ข้อมูล Operating mode จำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่ง ค่า DOP

GSV (GNSS Satellites in View) ให้ข้อมูลจำนวนดาวเทียมที่จีพีเอสเห็นพร้อมหมายเลข (ID number) ความสูง (elevation) องศาในแนวขอบฟ้า (azimuth) และค่า SNR (Signal-to-Noise-Ratio) หรืออัตราส่วนสัญญาณจีพีเอสเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวน

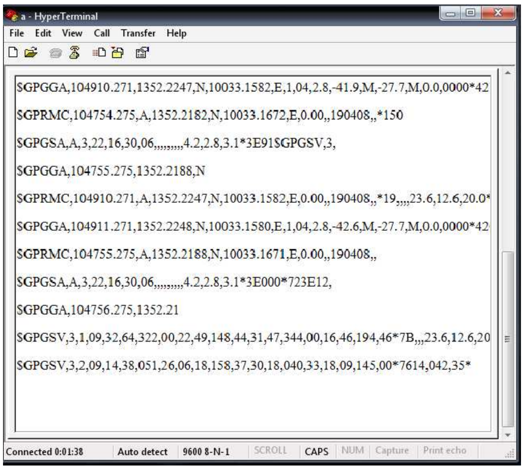
RMC (Recommended Minimum Specific GNSS) ให้ข้อมูล เวลา วันที่ พิกัดมุ่งหน้าไปทางทิศใด และความเร็ว

VTG (Course Over Ground and Ground Speed) ให้ข้อมูลทิศทางและความเร็วเมื่อเทียบกับพื้นดิน

3.6.2 เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าสัญญาณ GPS

หลังจากทำการวิเคราะห์รูปแบบการให้ข้อมูลของ GPS Module แล้วทำการเชื่อมต่อGPS Module เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่าน USB พอร์ตเมื่อใช้โปรแกรม Hyper Terminal อ่านค่าจาก GPS Moduleได้ค่าดังรูปที่ 3.57

DPU



รูปที่ 3.57 ค่าที่อ่านได้จาก GPS Module

เมื่อสามารถรับค่าสัญญาณจาก GPS Module แล้วในส่วนต่อไปจะเป็นการนำค่าที่ได้ มาทำการแยกส่วนที่ต้องการ และไม่ต้องการออกจากกัน จากนั้นจะส่งค่าที่ได้ เพื่อทำการวิเคราะห์แล้วส่งให้กับระบบต่างๆ ตามที่ต้องการต่อไป ในงานวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะ Sentence ที่ขึ้นต้นด้วย $GPRMC ซึ่ง Sentence นี้จะมีตำแหน่งที่บอกค่าพิกัดมุ่งหน้า ,ความเร็วเพื่อนำมาคำนวณหาค่าในแนวแกน X และ Y ดังแสดงในรูปที่ 3.58 โดยมีแผนการดำเนินงานการวิเคราะห์สัญญาณ GPS ดังนี้

ค่าที่ระบบวิเคราะห์สัญญาณ GPS ส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง

กรณีที่เกิดขึ้นในระบบวิเคราะห์ป้ายจราจร และจะมีการส่งข้อมูลไปยังระบบตัดสินใจกลางมีดังต่อไปนี้

From GPS = [Latitude, Longitude] โดยที่

Latitude = 0 ถึง 90 องศา (เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลกและแบ่งเขตสภาวะอากาศโดยวัดจากเส้นศูนย์สูตร)

Longitude = -180 ถึง 180 องศา (เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก โดยวัดไปทางตะวันตกหรือตะวันออก)

ตัวอย่าง 1: Latitude = 37.77, Longitude = -122.41

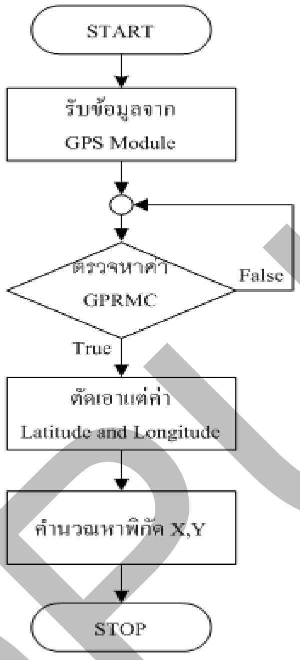
หมายถึง ตำแหน่งที่ได้คือ เส้นศูนย์สูตรที่ 37.77 องศา และวัดไปทางตะวันตก -122.41 องศา

DPU

ตัวอย่าง2: Latitude = 10.771, Longitude = 99.359

หมายถึง ตำแหน่งที่ได้คือ เส้นศูนย์สูตรที่ 10.771 องศา และวัดไปทางตะวันออก 99.359 องศา

แผนการดำเนินงานการวิเคราะห์สัญญาณ GPS



รูปที่ 3.58 แผนการดำเนินงานการวิเคราะห์สัญญาณ GPS

3.7 ระบบแผนที่

เป็นการทำงานในส่วนของระบบแผนที่ โดยเริ่มจากส่วนของ Predefined Data คือ การนำข้อมูลที่เป็นไฟล์รูปภาพสนามที่จะใช้ในการทดสอบ ซึ่งเป็นไฟล์รูปภาพนามสกุล .jpg เป็นรูปที่หาจากเว็บไซต์ของการแข่งขันรถอัจฉริยะหรือจาก Google Earth มาทำการกำหนดจุดต่างๆ ที่เป็นทางโค้งหรือทางแยก เพื่อจะบอกทิศทางในการเลี้ยวให้กับระบบตัดสินใจกลาง และรับค่าพิกัดเริ่มต้นเพื่อให้รู้ว่ารถนั้นอยู่ในตำแหน่งไหนของแผนที่ เมื่อมีการทำงานระบบตัดสินใจกลาง จะสอบถามมายังระบบแผนที่ตลอดเวลา ถ้าถึงบริเวณที่เป็นทางโค้งหรือทางแยกระบบแผนที่ก็จะส่งทิศทางการวิ่งกลับไปให้ระบบตัดสินใจกลาง ทำการประมวลผล

DPU

3.7.1 สนามที่ใช้ในการทดสอบ

สนามที่ใช้ทดสอบระบบแผนที่มีอยู่ด้วยกัน 2 สนามดังนี้

สนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เป็นสนามที่ใช้ในการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.59 ซึ่งรอบสนามฟุตบอลนี้มีระยะทางประมาณ 400 เมตร ลู่วิ่งกว้างประมาณ 3 เมตร

รูปที่ 3.59 สนามฟุตบอลของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

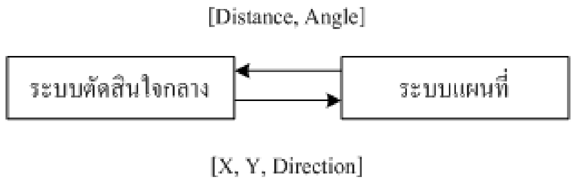
สนาม Bangkok Racing Circuit (BRC) เป็นสนามที่ใช้ในการแข่งขันดังแสดงในรูปที่ 3.60 โดยข้อมูลของสนามคือ สนามรอบนอกยาวประมาณ 1 กิโลเมตร เส้นทางทั้งหมดยาวประมาณ 2.4 กิโลเมตร ความกว้างของลู่สนามไม่คงที่ กว้างที่สุด 12 เมตร แคบที่สุดประมาณ 6 เมตร

รูปที่ 3.60 สนาม Bangkok Racing Circuit

DPU

3.7.2 ส่วนของการระบุทิศทางด้วยแผนที่ (Map Referencing)

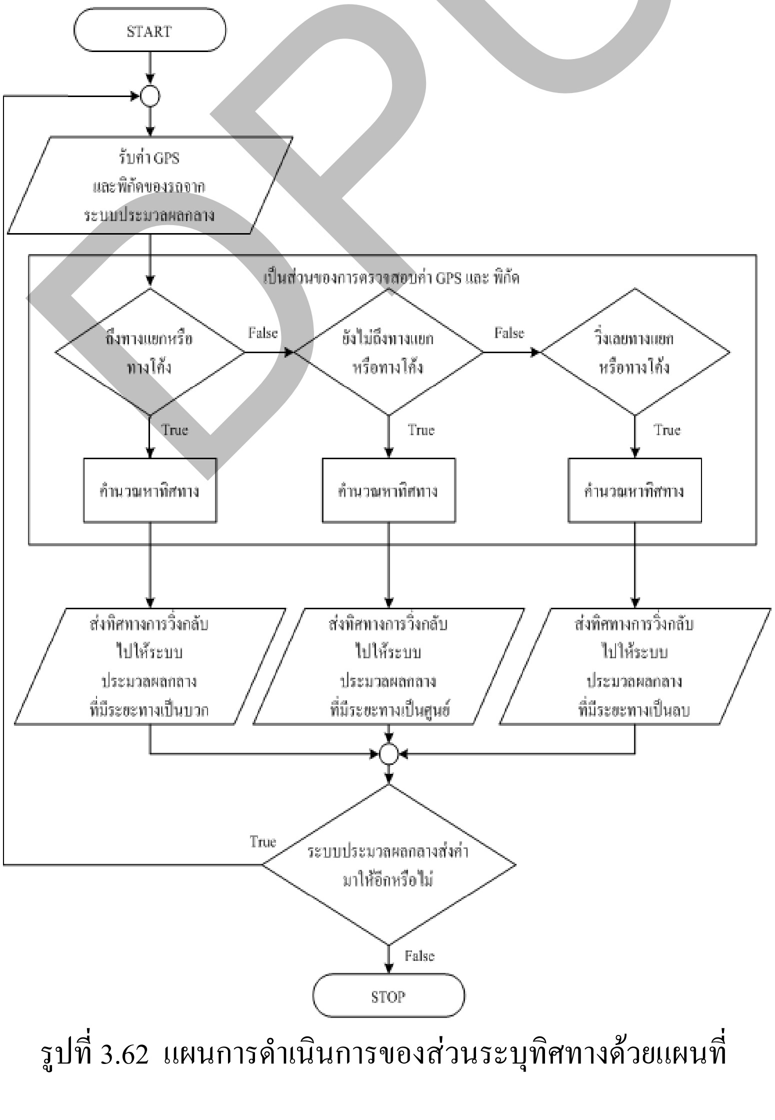
การทำงานของส่วนนี้ เริ่มต้นด้วยระบบตัดสินใจกลางจะทำการส่งค่าพิกัดของรถ และองศาของหน้ารถ เพื่อให้ระบบแผนที่ส่งระยะจากทางโค้งหรือทางแยกถึงตัวรถและมุมที่ใช้ในการเลี้ยวกลับไปให้ระบบตัดสินใจกลาง ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.61



รูปที่ 3.61 การทำงานของส่วนระบุทิศทางด้วยแผนที่

เมื่อมีการทำงาน ระบบตัดสินใจกลางจะเริ่มส่งค่าเพื่อทำการสอบถามระยะห่างระหว่างตัวรถกับทางโค้งหรือทางแยก พร้อมกับมุมที่ต้องเลี้ยว ในการทำงานของระบบแผนที่นั้น เมื่อได้รับค่าพิกัดมาแล้ว ต้องมีการคำนวณค่าระยะห่างที่ใกล้เข้าไปเรื่อยๆ เมื่อเข้าใกล้บริเวณที่ต้องเลี้ยวระบบแผนที่ก็จะส่งระยะห่างระหว่างตัวรถ พร้อมกับมุมเลี้ยวให้ระบบตัดสินใจกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.62

แผนการดำเนินการส่วนของการระบุทิศทางด้วยแผนที่



รูปที่ 3.62 แผนการดำเนินการของส่วนระบุทิศทางด้วยแผนที่

DPU

รูปแบบข้อมูลที่ระบบตัดสินใจกลางส่งให้ระบบแผนที่

[x, y, Direction] โดยที่

x = ตำแหน่งในแนวแกน x

y = ตำแหน่งในแนวแกน y

Direction = -180 ถึง 180 (องศาของหน้ารถ)

ตัวอย่าง: (100 200 30)

หมายถึง ตำแหน่ง x, y เป็น 100,200 องศาหน้ารถคือ 30 องศา

ค่าที่ระบบแผนที่ส่งให้ระบบตัดสินใจกลาง

[Distance, Angle] โดยที่

Distance = หน่วยเป็นซม. (ตำแหน่งของตัวรถ ถึง ตำแหน่งทางโค้งหรือทางแยก)

Angle = -180 ถึง 180 (องศาที่นำมาอ้างอิงในการเลี้ยว)

ตัวอย่าง: (100 30)

หมายถึง ระยะทางระหว่างตัวรถถึงทางโค้งหรือทางแยกเป็น 100 ซม. และให้ระบบตัดสินใจกลางเลี้ยวซ้าย 30 องศา

กรณีที่เกิดขึ้นในระบบแผนที่และจะมีการส่งข้อมูลกลับไปยังระบบตัดสินใจกลางมีอยู่ด้วยกัน 3 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ตำแหน่งของตัวรถอยู่ในระยะที่กำหนดไว้

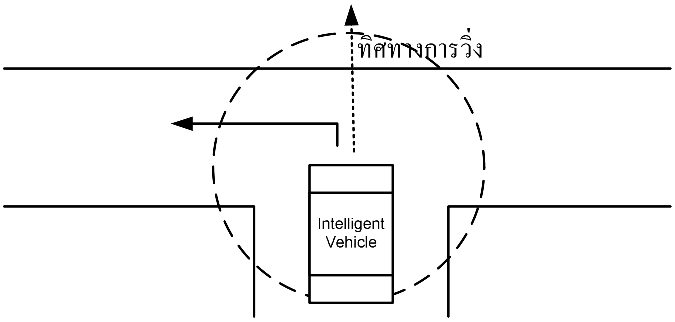
From Map = [Distance, Angle] โดยที่

Distance = หน่วยเป็นซม. (ตำแหน่งของตัวรถ ถึง ตำแหน่งโค้งหรือทางแยก)

Angle = -180 ถึง 180 (องศาที่นำมาอ้างอิงในการเลี้ยว)

ตัวอย่าง: (100 45)

หมายถึง ระยะทางจากตัวรถถึงตำแหน่งทางโค้งหรือทางแยกเป็น 100 ซม. ให้ระบบตัดสินใจกลางเลี้ยวซ้าย 45 องศา



รูปที่ 3.63 การหามุมเลี้ยวในกรณีที่รถอยู่ในระยะที่กำหนดไว้

DPU

<u>กรณีที่ 2</u> ตำแหน่งของตัวรถไม่ได้อยู่ใกล้ทางแยก

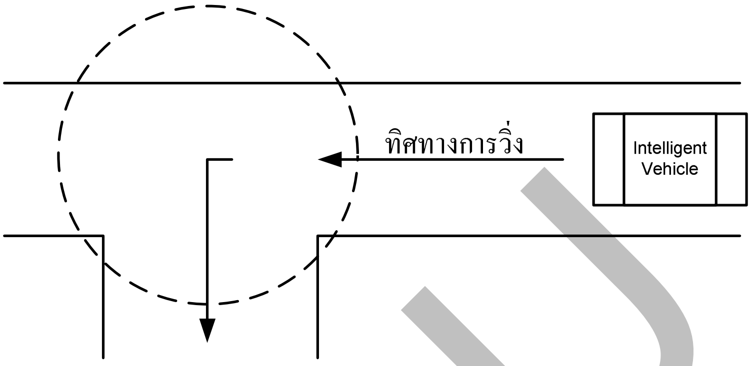
From Map = [Distance, Angle] โดยที่

Distance = 0

Angle = 0

<u>ตัวอย่าง:</u> (0 0)

<u>หมายถึง</u> ระบบแผนที่จะส่งค่า 0, 0 กลับไปให้ระบบตัดสินใจกลางเพื่อเป็นการบอกว่ายังไม่ถึงทางแยก



รูปที่ 3.64 การหามุมเลี้ยวในกรณีที่รถไม่ได้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้

<u>กรณีที่ 3</u> ตำแหน่งของตัวรถวิ่งเลยจุดที่กำหนดไว้

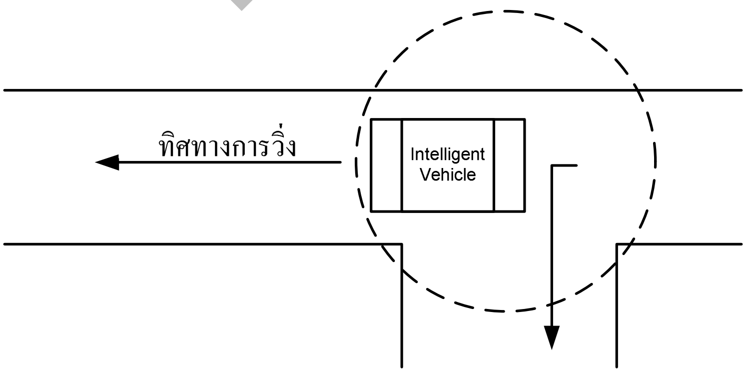
From Map = [-Distance, Angle] โดยที่

-Distance = หน่วยเป็น ซม. (ตำแหน่งของตัวรถ ถึง ตำแหน่งโค้งหรือทางแยก)

Angle = 0-360(องศาที่นำมาอ้างอิงในการเลี้ยว)

<u>ตัวอย่าง:</u> (-100 45)

<u>หมายถึง</u> รถได้วิ่งเลยจุดที่กำหนดไว้ 100 ซม. และต้องเลี้ยวซ้ายด้วยมุม 45 องศา



รูปที่ 3.65 รถวิ่งไปถึงระยะที่กำหนดไว้แต่ไม่เลี้ยว

DPU

3.7.3 เขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบตัดสินใจกลาง

ทดสอบการสอบถามจากระบบตัดสินใจกลาง

- ระบบแผนที่ส่งทิศทางการวิ่งกลับไป
- ระบบแผนที่ส่งมุมเลี้ยวกลับไป

เขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบตัดสินใจกลาง

พัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานร่วมกับระบบตัดสินใจกลาง โดยระบบตัดสินใจกลางจะมี GUI หลักที่ใช้ได้ทั้งแบบจำลองการทำงาน และแบบการทำงานจริง โดยขั้นตอนหลักๆ ในการเขียนโปรแกรมมีดังนี้

- สร้าง Popup Menu ให้สามารถเลือกแผนที่ได้ทั้งสองสนาม
- สร้าง Axes เพื่อใช้แสดงแผนที่ที่ทำการเลือก
- สร้างปุ่มที่รับค่า Input จากเมาส์เพื่อกำหนดจุดที่เป็นทางโค้งหรือทางแยก
- สร้างปุ่มที่รับค่า Input จากเมาส์เพื่อกำหนดทิศทางในการวิ่งและการเลี้ยว

การจำลองการทำงานจะมีการแสดงจุดที่วิ่งเรื่อยๆ เสมือนว่าเป็นรถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติที่กำลังวิ่งอยู่บนแผนที่

3.8 สรุปขั้นตอนการออกแบบโดยรวม

การออกแบบในแต่ละส่วนของการทำงานจะสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ การทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์หลักๆ แล้วจะทำงานอยู่บนระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เกือบทั้งหมด ดังนั้น การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันก็จะทำกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นกัน เมื่อระบบตัดสินใจกลางต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ ตัวใดก็จะทำผ่านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน Serial port ส่วนอุปกรณ์อื่นๆที่มีพอร์ต USB เป็นปลั๊กอินก็ให้เชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลโดยตรง แล้วให้ระบบซอฟต์แวร์เป็นตัวจัดการกับอุปกรณ์นั้นๆ ให้สามารถติดต่อกับระบบตัดสินใจกลางได้

การทดสอบการทำงาน จะแยกทดสอบเป็นส่วนๆ เพื่อสะดวกในการหาและแก้ไขข้อผิดพลาดได้อย่างถูกต้องตรงจุด ไม่เกิดความสับสน ทั้งนี้การทดสอบระบบฮาร์ดแวร์ จะทำควบคู่ไปกับซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อรองรับการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆโดยเฉพาะ ทั้งแบบอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลโดยตรง และแบบเชื่อมต่อผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทดสอบในแต่ละส่วนจนแน่ใจว่าเป็นไปตามที่ออกแบบ จึงทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันแล้วทำการทดสอบระบบโดยรวมอีกครั้งหนึ่ง

DPU

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะเป็นผลที่ได้จากการดำเนินงาน หลังจากการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะขออธิบาย โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อหลักดังต่อไปนี้

- การควบคุมรถแบบบังคับเองผ่านแท่นควบคุม
- การควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์
- การวิเคราะห์สัญญาณภาพ
- การวิเคราะห์สัญญาณ GPS
- การบอกทิศทางโดยใช้แผนที่
- การวิ่งอัตโนมัติในสนามฟุตบอล

4.1 การควบคุมรถแบบบังคับด้วยมือ

การควบคุมรถแบบบังคับด้วยมือจะมีรูปแบบการสั่งงาน 2 ระบบซึ่งประกอบด้วย

4.1.1 ระบบควบคุมระยะใกล้

จากการควบคุมรถแบบระยะใกล้ สามารถควบคุมการทำงานของรถได้ โดยใช้แท่นบังคับแบบมีสายที่ต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการควบคุมแบบนี้มีอัตราการตอบสนองที่ดี

4.1.2 ระบบควบคุมระยะไกล

ในส่วนของการควบคุมรถแบบระยะไกล สามารถสรุประยะการทำงานของรถ โดยการควบคุมด้วยคลื่นวิทยุเพื่อให้รถทำภารกิจที่กำหนด โดยแต่ละภารกิจจะทำทั้งสิ้น 40 ครั้ง แยกเป็น 4 ระยะ ระยะละ 10 ครั้ง โดยภารกิจที่มีคือการหยุดรถ การบังคับเลี้ยวและการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ทั้งนี้รถวิ่งที่ความเร็วประมาณ 10 กม./ชม. ผลการทดลองได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ร้อยละของความสำเร็จของการควบคุมรถด้วยคลื่นวิทยุแบบบังคับด้วยมือ

ภารกิจ	ระยะการควบคุม (เมตร)			
	0-10	11-20	21-30	31-40
หยุดรถ ให้รถหยุดในจุดที่กำหนดในระยะผิดพลาดไม่เกิน 50 ซม.	100%	100%	40%	10%
เลี้ยวโค้ง ให้รถเลี้ยวโค้งตามเส้นทางโค้ง โดยไม่ตกข้างทาง	100%	80%	30%	0%
หลบสิ่งกีดขวาง ให้หลบสิ่งกีดขวางขนาดประมาณ 1 เมตรโดยไม่ชน	90%	70%	20%	0%

DPU

จากผลการทดลองสามารถควบคุมการทำงานของรถด้วยคลื่นวิทยุได้ในระยะการควบคุมตั้งแต่ 0 ถึง 20 เมตร ซึ่งระยะการควบคุมของรถด้วยคลื่นวิทยุขึ้นอยู่กับความสามารถของชุดภาครับและภาคส่งที่ใช้ในการบังคับ โดยการหยุดรถจะให้ผลสำเร็จที่มากที่สุด ตามด้วยการเลี้ยวโค้งและหลบสิ่งกีดขวาง

สาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมรถได้ในทุกระยะ นอกจากเรื่องกำลังของเครื่องรับ-ส่งแล้วก็คือเรื่องสัญญาณรบกวน (Noise) โดยมากจะมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จ่ายกระแสสูงจึงมีสัญญาณรบกวนปะปนออกมาด้วยเสมอ ปัญหาสัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นได้ เช่น ตัวรับอยู่ไกลจากเครื่องส่งมากและสายอากาศอยู่ใกล้กับสัญญาณรบกวนเกินไปก็จะถูกกวนได้

การทดสอบหาสัญญาณรบกวน โดยนำตัวรับต่อกับ Servo แล้วเอาสายอากาศขดเป็นวงเล็กๆ นำเข้าใกล้อุปกรณ์ที่คาดว่าจะเป็นตัวส่งสัญญาณรบกวน ถ้า Servo ขยับเอง แสดงว่ามีสัญญาณรบกวน ซึ่งได้ทำการติดตั้งตัวรับและ Servo ไว้กับรถ ผลการทดสอบก็คือ เมื่อตัวรับและตัวส่งมีระยะห่างประมาณ 21-30 เมตร ตัว Servo จะขยับเองโดยที่ตัวส่งไม่ได้ทำการบังคับ แสดงว่าในตัวรถมีสัญญาณรบกวน

ทั้งนี้ในการใช้งานปกติระยะ 20 เมตรก็เพียงพอสำหรับการควบคุม

DPU

4.2 การควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์

ในส่วนของการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์ ได้ทดสอบโดยการควบคุมให้รถทำภารกิจลักษณะเดียวกับในส่วนที่ 4.1.2 คือการบังคับให้หยุด บังคับให้เลี้ยวตามทาง และบังคับให้หลบสิ่งกีดขวาง ซึ่งผู้ทดสอบที่ทำการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์สามารถทำภารกิจได้ครบถ้วน จึงทดสอบเพิ่มเติมถึงจำนวนครั้งของคำสั่งที่รถได้กระทำจริง จากการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์ ในที่นี้ได้ทดสอบการสั่งให้รถเคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยการกดปุ่มหลายครั้งใน 1 วินาทีว่ารถได้เคลื่อนที่กี่ครั้ง ซึ่งโดยปกติสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นคือ ถึงแม้จะกดสั่งงานหลายครั้งแต่ตัวรถอาจไม่สามารถตอบสนองต่อคำสั่งที่สั่งอย่างต่อเนื่องได้ ซึ่งสามารถสรุปการทำงานของรถโดยการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมรถ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองโดยการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์

ครั้งที่	**การสั่งการควบคุมใน 1 วินาที**				
	กดปุ่ม 1 ครั้ง	**กดปุ่ม 2 ครั้ง**	**กดปุ่ม 3 ครั้ง**	**กดปุ่ม 4 ครั้ง**	**กดปุ่ม 5 ครั้ง**
1	ทำงาน 1 ครั้ง	ทำงาน 2 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง	ทำงาน 4 ครั้ง
2	ทำงาน 1 ครั้ง	ทำงาน 2 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง	ทำงาน 4 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง
3	ทำงาน 1 ครั้ง	ทำงาน 2 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง	ทำงาน 4 ครั้ง
4	ทำงาน 1 ครั้ง	ทำงาน 2 ครั้ง	ทำงาน 3 ครั้ง	ทำงาน 4 ครั้ง	ทำงาน 4 ครั้ง

จากผลการทดลองสามารถสรุปการทำงานของรถโดยการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ได้ดังนี้ เมื่อมีการกดปุ่มควบคุมให้รถทำงาน รถมีการตอบสนองทันทีเมื่อมีการสั่งการควบคุมในครั้งแรก และเมื่อมีการกดปุ่มมากกว่า 3 ครั้งใน 1 วินาที รถจะทำงานไม่ตรงตามจำนวนครั้งที่ทำการกดปุ่มควบคุม เนื่องจากการทำงานของรถมีการหน่วงเวลาการทำงาน

4.3 การวิเคราะห์สัญญาณภาพ

ในงานวิจัยนี้มีส่วนของการวิเคราะห์สัญญาณภาพอยู่ 2 ระบบ คือการวิเคราะห์หาขอบทาง และการวิเคราะห์หาป้ายจราจร

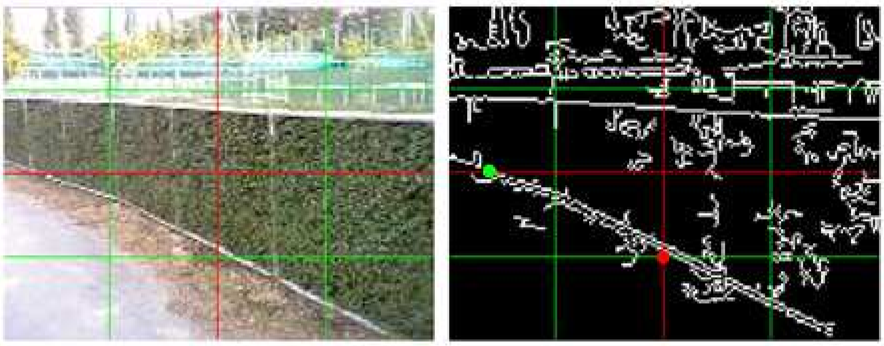
4.3.1 ระบบการวิเคราะห์หาขอบทาง

ในส่วนของการวิเคราะห์หาขอบทาง ด้วยการประมวลผลภาพ ได้แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการหาขอบทาง ด้านซ้ายเป็นภาพจากกล้องด้านซ้าย และด้านขวาเป็นภาพจากกล้องด้านขวา

ในการทดลองระบบการวิเคราะห์หาขอบทาง สามารถวิเคราะห์ภาพในสภาวะที่แตกต่างกันดังนี้

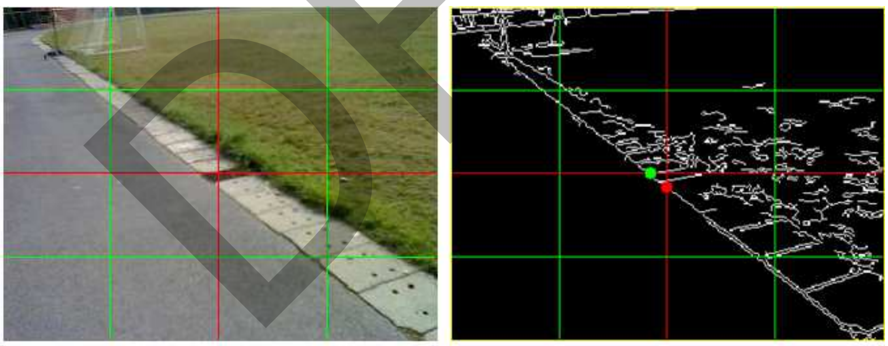
กรณีภาพที่มีแสงมาก



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของภาพที่มีแสงมาก

จากรูปที่ 4.2 เป็นภาพในสภาพที่มีแสงมาก โดยผลการทดลองในการหาขอบทางจะเห็นขอบทั้งหมดได้อย่างชัดเจน

กรณีภาพที่มีแสงปานกลาง

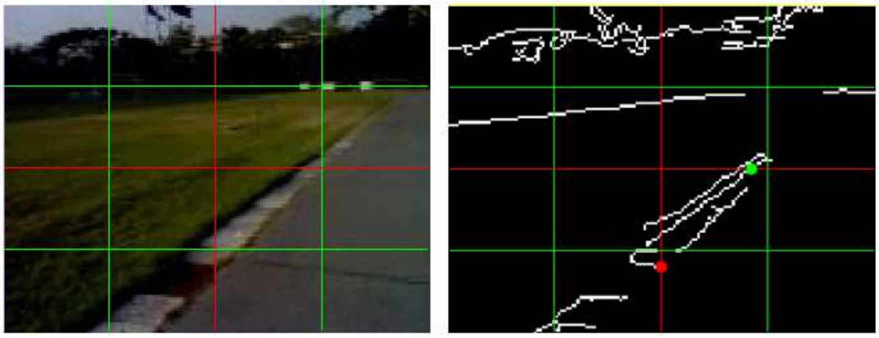


รูปที่ 4.3 ตัวอย่างของภาพที่มีแสงปานกลาง

จากรูปที่ 4.3 เป็นภาพในสภาวะที่มีแสงปานกลาง โดยผลการทดลองในการหาขอบทางจะเห็นขอบทั้งหมดได้อย่างชัดเจน

DPU

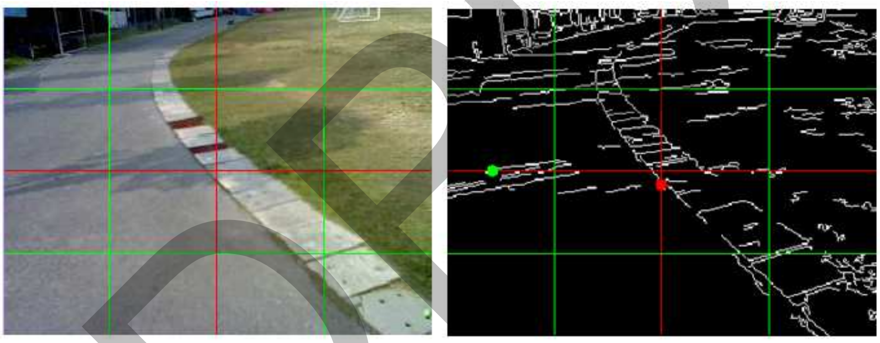
กรณีภาพที่มีแสงน้อยมาก



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างของภาพที่มีแสงน้อย

จากรูปที่ 4.4 เป็นภาพที่ในสภาวะที่มีแสงน้อยมาก โดยผลการทดลองในการหาขอบทางจะเห็นขอบภาพในบางจุด ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาด เนื่องจากไม่พบขอบทาง

กรณีภาพที่มีเงาต้นไม้



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างของภาพที่มีเงาต้นไม้

จากรูปที่ 4.5 เป็นภาพที่มีเงาของต้นไม้ โดยผลการทดลองในการหาขอบทางจะเห็นขอบของเงาต้นไม้ ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพอาจจะได้ค่าของเงาต้นไม้

การทดสอบระบบวิเคราะห์หาขอบทาง

ในการทดสอบระบบนี้ใช้สนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยทำการทดสอบใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงเย็น ในแต่ละช่วงเวลากำหนดให้ผู้ทดสอบขับรถวิ่งรอบสนามฟุตบอลทั้งหมด 2 รอบโดยวนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกาอย่างละหนึ่งรอบเพื่อเก็บตัวอย่างภาพ แล้วนำภาพเหล่านั้นมาวิเคราะห์ว่า ระบบตรวจจับขอบทางได้ถูกตำแหน่งหรือไม่ ในการขับรถรอบสนามฟุตบอลจะใช้เวลารอบละ 10 นาที และอัตราการหาขอบทางอยู่ที่ 2 เฟรมต่อวินาที ดังนั้นในแต่ละช่วงเวลาจะมีภาพประมาณอย่างละ 2,400 ภาพสำหรับกล้องแต่ละด้าน (2 เฟรมต่อวินาที x 60 วินาที x 10 นาทีต่อรอบ x 2 รอบ) ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3

DPU

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเรื่องการวิเคราะห์หาขอบทาง

ช่วงเวลา	อัตราการตรวจพบขอบทางของกล้องด้านซ้าย			อัตราการตรวจพบขอบทางของกล้องด้านขวา		
	รถวิ่งตามเข็มนาฬิกา	วิ่งทวนเข็มนาฬิกา	เฉลี่ย	รถวิ่งตามเข็มนาฬิกา	วิ่งทวนเข็มนาฬิกา	เฉลี่ย
เช้า	84.22%	86.82%	85.52%	86.97%	81.57%	84.27%
กลางวัน	88.88%	91.58%	90.23%	91.30%	87.90%	89.60%
เย็น	64.29%	76.39%	70.34%	75.89%	67.85%	71.87%
เฉลี่ย	79.13%	84.93%	82.03%	84.72%	79.11%	81.91%

จาการทดลองพบว่า ช่วงเวลากลางวันให้ค่าอัตราการตรวจจับได้มากที่สุด ทั้งนี้เพราะมีแสงมาก และเงาของวัตถุทับกับวัตถุ ไม่ได้ทอดยาวมาบนทางวิ่งของรถ แต่ยังมีบางช่วงของสนามในส่วนที่เป็นทางเข้า-ออก ไม่มีขอบทางที่ชัดเจน จึงมีความผิดพลาดในส่วนนั้น

ในช่วงเวลาเย็นเป็นช่วงที่มีความผิดพลาดมากที่สุด เพราะมีผู้มาใช้บริการสนามฟุตบอลจำนวนหนึ่ง และเงาของวัตถุได้ทอดตัวมาบนถนนทำให้ระบบตรวจจับเงาเป็นเส้นขอบทาง

ระบบจะตรวจจับขอบทางที่เป็นฝั่งสนามฟุตบอล ได้ดีกว่าฝั่งทางเดินด้านนอกเพราะมีสิ่งรบกวนน้อยกว่า สังเกตได้จากผลของกล้องซ้ายเมื่อรถวิ่งทวนเข็มนาฬิกา หรือกล้องขวาเมื่อวิ่งตามเข็มนาฬิกา จะให้ผลการตรวจจับที่ถูกต้องมากกว่า

ผลการตรวจจับขอบทางจากกล้องซ้ายและขวา ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ความแม่นยำขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่ตรวจพบ ถ้าวิเคราะห์ฝั่งสนามฟุตบอลก็จะให้ผลที่สูงกว่าด้านทางเดิน

ในภาพรวมระบบตรวจจับได้ถูกต้องประมาณ 81.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากพอสำหรับให้ส่วนประมวลผลกลางบังคับให้รถอยู่ในเส้นทางได้

4.3.2 ระบบการวิเคราะห์ป้ายจราจร

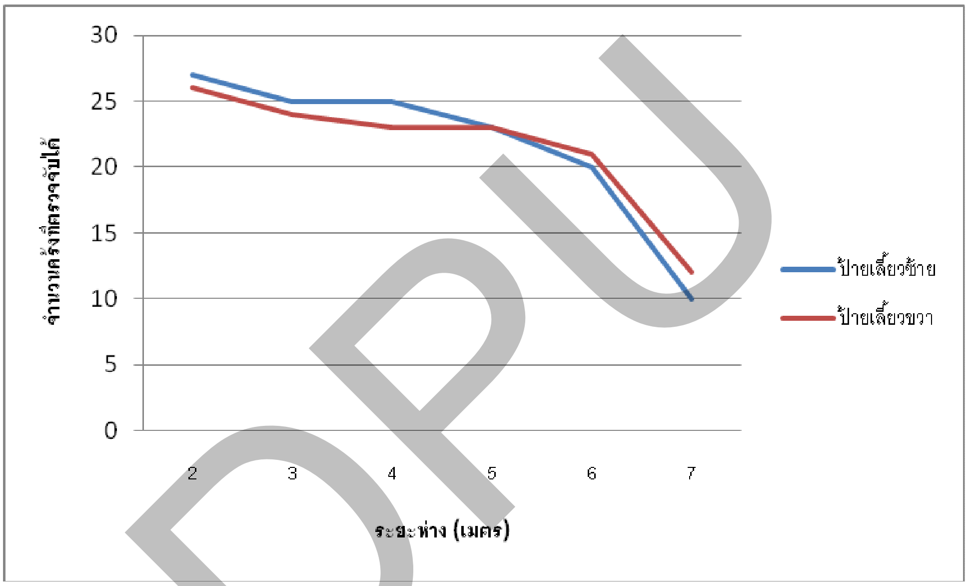
ในส่วนของการทดลองการวิเคราะห์ป้ายจราจร จะมีป้ายทดสอบอยู่ 2 แบบคือป้ายเลี้ยวซ้ายและป้ายเลี้ยวขวาซึ่งแสดงในรูปที่ 4.6 ป้ายนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ในการทดลองได้ทำใน 3 ช่วงเวลาคือช่วงเช้า ช่วงกลางวันและช่วงเย็น โดยระยะห่างระหว่างป้ายจราจรและกล้องจะเริ่มจากระยะ 2 เมตรและเพิ่มทีละ 1 เมตร ไปสิ้นสุดที่ระยะ 7 เมตร ในแต่ละระยะทางจะทดลองจำนวน 10 ครั้ง และมีการทดลองใน 3 ช่วงเวลา ดังนั้นแต่ละระยะจะทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.7

DPU

ก. ป้ายเลี้ยวซ้ายที่ใช้ในการทดลอง

ข. ป้ายเลี้ยวขวาที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4.6 ป้ายเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์ป้ายจราจร



รูปที่ 4.7 กราฟผลการทดลองการตรวจจับและวิเคราะห์ป้ายจราจร

ระบบวิเคราะห์ป้ายจราจรนี้จะให้ผลการตรวจจับที่แม่นยำ เมื่อระยะห่างระหว่างป้ายและกล้องอยู่ใกล้ โดยจะถูกต้องประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ในระยะ 2 – 5 เมตรและจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดในระยะ 6 เมตรขึ้นไป ทั้งนี้เพราะภาพที่ได้มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถจะวิเคราะห์หาความหมายของป้ายจราจรได้ โดยช่วงเวลาไม่ส่งผลต่อความแม่นยำที่ได้มากนัก

จากผลการทดลองประเภทของป้าย คือป้ายเลี้ยวซ้ายและป้ายเลี้ยวขวาไม่ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจสอบ ทั้งสองประเภทให้ผลใกล้เคียงกัน ในทุกระยะการทดลอง

โดยสรุปแล้วในการใช้งานจริงระยะ 5 เมตรเพียงพอในการทำตามคำสั่งของป้ายนั้นๆ เพราะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

4.4 การวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง

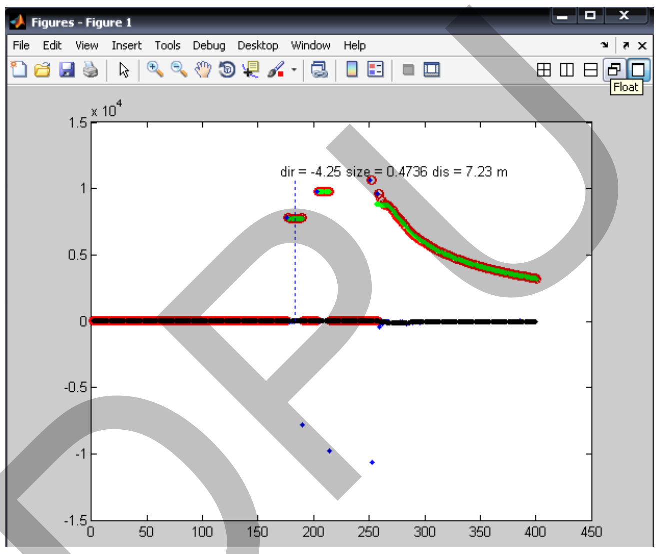
ในส่วนของการวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง ได้ทำการติดตั้ง Laser Range อยู่ทางด้านหน้า บริเวณตรงกลางของตัวรถดังแสดงในรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของ Laser Range เมื่อติดตั้งกับตัวรถ

ในการทดสอบ ได้วางวัตถุขนาดใหญ่ 2 ชิ้นไว้ด้านหน้ารถ ซึ่งวัตถุทั้งสองชนิดมีขนาดเท่ากันแต่มีระยะทางถึงตัวรถต่างกัน ดังนั้นในการที่จะวิเคราะห์เพื่อแยกเอาเฉพาะวัตถุที่เราสนใจนั้น เราจะทำการกำหนดขนาดของวัตถุที่เราสนใจ คือ ให้ทำการวิเคราะห์เฉพาะวัตถุที่มีขนาดตั้งแต่ 40 เซนติเมตรขึ้นไป ในกรณีที่มีตรวจจับพบหลายวัตถุ ระบบจะทำการวิเคราะห์เพื่อแยกเอาเฉพาะวัตถุที่อยู่ใกล้ที่สุดเท่านั้น ดังนั้นจะมีวัตถุที่ระบบสนใจเพียงชิ้นเดียว ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.9 ระบบจะตรวจจับและแจ้งเตือนเฉพาะวัตถุด้านขวาของตัวรถ

รูปที่ 4.9 รูปแบบการทดลอง Scan วัตถุสองชนิดที่อยู่ด้านหน้าของ Laser Range

รูปที่ 4.10 เป็นผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการ Scan และรูปที่ 4.11 เป็นค่าสรุปจากการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าระบบจะแจ้งเตือนวัตถุเพียงชิ้นเดียว ซึ่งบริเวณที่พบวัตถุนั้นจะอยู่ในตำแหน่ง Step ที่ 176 ถึง 190 มีระยะทางห่างจากตัวรถ 7.2 เมตร มีขนาดเท่ากับ 0.47 เมตร หรือประมาณ 47 เซนติเมตร และมีองศาจากด้านหน้าของรถเท่ากับ -4.25 องศา โดยองศาของวัตถุที่วัดจากด้านหน้าของรถนั้นจะเป็นบ่งบอกว่าวัตถุอยู่ทางด้านใดของตัวรถ ถ้าองศาที่ได้มีค่าติดลบนั้นแสดงว่าวัตถุอยู่ทางด้านขวาของตัวรถ แต่ถ้าองศาที่ได้มีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุอยู่ทางด้านซ้ายของรถ ซึ่งในที่นี้วัตถุที่เราสนใจนั้นอยู่ทางด้านขวาของตัวรถเพราะมีองศาของวัตถุเป็นลบ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้จะทำการส่งให้ระบบตัดสินใจเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางนั้นๆ ต่อไป



รูปที่ 4.10 กราฟที่ได้จากการ Scan

```
obstracles =

    stepStart: 176
      stepEnd: 190
     distance: 7.2364
         size: 0.4736
          dir: -4.2500
```

รูปที่ 4.11 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการ Scan

การทดสอบการวิเคราะห์สิ่งกีดขวางเพิ่มเติม ได้วางวัตถุที่เป็นถังขยะเหมือนการทดลองก่อนหน้าไว้ด้านหน้ารถที่ระยะตั้งแต่ 3 เมตรและเพิ่มทีละ 1 เมตรจนสูงสุด 7 เมตร โดยที่จะวางวัตถุใน 5 มุม คือไว้ด้านซ้ายทำมุม 40 องศา และลดความเอียงลงทีละ 20 องศา จนกระทั่งวัตถุถูกวางไว้

DPU

ด้านขวาที่ระยะ 40 องศา ในแต่ละครั้งของการทดลองจะทำซ้ำ 10 ครั้ง ค่าความแม่นยำที่วัดจะคำนวณจากผลต่างระหว่างระยะทางจริงกับระยะที่ระบบวิเคราะห์ได้ ผลการทดลองได้แสดงที่ตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลจากระบบวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง ซึ่งค่าที่ได้คือระยะทางคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากแต่ละรูปแบบการวางวัตถุ

วัตถุวางทำมุม	**ระยะห่างของวัตถุและตัว Laser Range (เมตร)**					
(องศา)	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**เฉลี่ย**
-40 (ขวา)	0.44	0.6	0.67	0.68	0.69	0.62
-20 (ขวา)	0.39	0.53	0.63	0.63	0.65	0.57
0 (กลาง)	0.35	0.48	0.52	0.55	0.57	0.49
20 (ซ้าย)	0.38	0.54	0.62	0.63	0.66	0.57
40 (ซ้าย)	0.42	0.61	0.68	0.67	0.68	0.61
เฉลี่ย	**0.39**	**0.55**	**0.62**	**0.63**	**0.65**	**0.57**

โดยเฉลี่ยระบบสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางพบ และมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ประมาณ 57 เซนติเมตร หรือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของระยะทางจริง ซึ่งยอมรับได้ในการใช้งานขณะนี้

ค่าความคลาดเคลื่อนจะน้อยที่สุดเมื่อวัตถุถูกวางไว้ด้านหน้าของตัวรถ และจะเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุถูกวางเอียงออกไป ทั้งนี้เพราะจำนวน step จากการ scan ค่าที่ตรวจพบวัตถุจะเปลี่ยนแปลงมากเมื่อวัตถุเฉียงออก ซึ่งส่งผลต่อการแปลงเป็นระยะทาง โดยการวางวัตถุไว้ด้านซ้ายหรือด้านขวาให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใกล้เคียงกัน

ระยะทางระหว่างวัตถุและตัวอ่านมีผลต่อความคลาดเคลื่อนโดยจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างมากขึ้น แต่เมื่อระยะห่างมากกว่า 5 เมตรอัตราการเพิ่มของการคลาดเคลื่อนจะลดลง

4.5 การวิเคราะห์สัญญาณ GPS

ชุดอุปกรณ์ในการระบุพิกัดตำแหน่งของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการหาพิกัดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของรถ และได้นำไปทดลองใช้ที่สนามฟุตบอลภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

DPU

การทดลองรับค่าข้อมูลจาก GPS

จากการทดสอบการรับค่าเริ่มต้นในการรับค่านั้น GPS จะยังไม่สามารถรับค่าได้ในทันที เนื่องจากต้องใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมบนท้องฟ้า โดยใช้เวลาประมาณ 3 – 10 นาที ซึ่งได้ทำการทดลองรับค่า GPS บริเวณสนามฟุตบอลซึ่งพบว่า บางสถานที่สามารถรับค่าตำแหน่งได้ถูกต้อง แต่บางครั้งก็ไม่สามารถรับค่าของตำแหน่งได้เลย อันเนื่องมาจากสมมติฐานอากาศที่มีเมฆมากอาจทำให้บดบังการรับส่งสัญญาณจากดาวเทียม จึงเป็นสาเหตุให้สัญญาณถูกกีดขวางดังนั้น GPS ที่ใช้จึงมีข้อจำกัดอยู่ในระดับหนึ่ง ซึ่งการใช้งานนั้นอาจจะทำงานได้ไม่สมบูรณ์นัก

การทดลองรับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS

เป็นการทดสอบชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับข้อมูลจาก GPS แล้วส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรมเพื่อตรวจสอบรูปแบบข้อมูล และชนิดของประโยคที่ได้กำหนดให้ ชุดรับสัญญาณ GPS ส่งออกมาว่าถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ รูปที่ 4.12 ข้อมูลที่ได้รับจาก GPS

```
$GPGGA,105419.048,1352.2294,N,10033.0137,E,1,09,1.2,-22.6,M,-27.7,M,0.0,0000*44
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.4*39
$GPRMC,105419.048,A,1352.2294,N,10033.0137,E,0.00,90.62,240708,,*3F
$GPGGA,105420.048,1352.2293,N,10033.0138,E,1,09,1.2,-21.8,M,-27.7,M,0.0,0000*4B
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.4*39
$GPRMC,105420.048,A,1352.2293,N,10033.0138,E,0.00,90.62,240708,,*3D
$GPGGA,105421.048,1352.2293,N,10033.0137,E,1,09,1.2,-21.4,M,-27.7,M,0.0,0000*49
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.4*39
$GPGSV,3,1,11,25,80,070,38,07,67,359,36,11,64,136,41,27,58,340,31*7A
$GPGSV,3,2,11,13,42,216,35,08,30,332,35,19,28,029,37,23,24,181,35*74
$GPGSV,3,3,11,17,15,235,00,28,12,299,00,20,08,156,37*48
$GPRMC,105421.048,A,1352.2293,N,10033.0137,E,0.00,90.62,240708,,*33
$GPGGA,105422.048,1352.2291,N,10033.0136,E,1,09,1.2,-21.4,M,-27.7,M,0.0,0000*49
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.4*39
$GPRMC,105422.048,A,1352.2291,N,10033.0136,E,0.00,90.62,240708,,*33
$GPGGA,105423.048,1352.2287,N,10033.0136,E,1,08,1.2,-21.7,M,-27.7,M,0.0,0000*4D
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,19,23,08,,,,,1.9,1.2,1.4*3D
$GPRMC,105423.048,A,1352.2287,N,10033.0136,E,0.00,90.62,240708,,*35
$GPGGA,105424.048,1352.2282,N,10033.0134,E,1,09,1.2,-21.4,M,-27.7,M,0.0,0000*4F
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.4*39
$GPRMC,105424.048,A,1352.2282,N,10033.0134,E,0.00,90.62,240708,,*35
$GPGGA,105425.048,1352.2277,N,10033.0131,E,1,09,1.2,-20.7,M,-27.7,M,0.0,0000*43
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.4*39
$GPRMC,105425.048,A,1352.2277,N,10033.0131,E,0.00,90.62,240708,,*3B
$GPGGA,105426.048,1352.2272,N,10033.0127,E,1,09,1.2,-19.0,M,-27.7,M,0.0,0000*4F
$GPGSA,A,3,13,20,25,11,07,27,19,23,08,,,,1.8,1.2,1.3*3E
$GPGSV,3,1,11,25,80,070,35,07,67,359,36,11,64,136,37,27,58,340,33*74
$GPGSV,3,2,11,13,42,216,35,08,30,332,37,19,28,029,38,23,24,181,39*75
```

รูปที่ 4.12 ภาพการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณ GPS

คัดเลือกข้อมูลที่ต้องการจะใช้

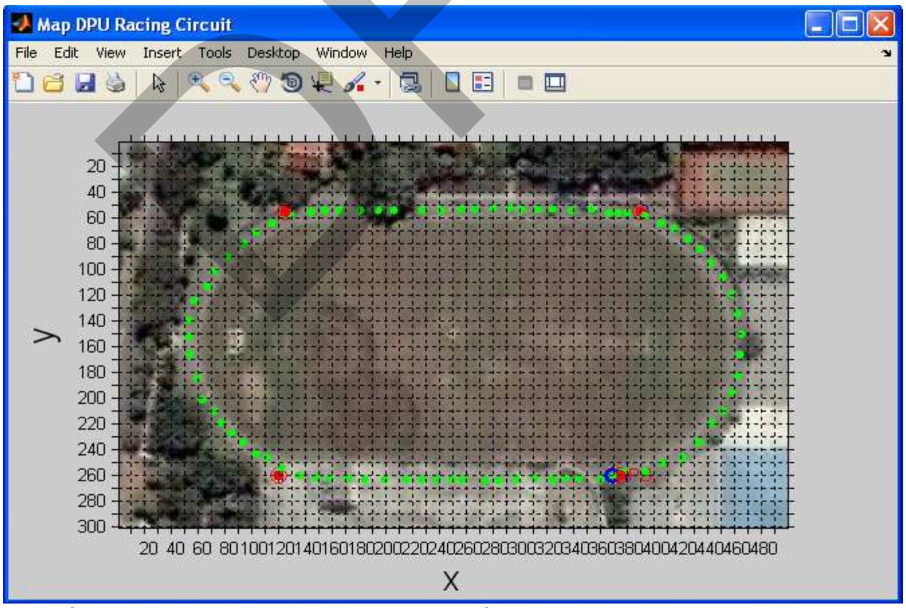
หลังจากที่ทำการทดสอบชุดอุปกรณ์ที่ใช้รับข้อมูลจาก GPS แล้ว จึงทำการคัดเอาข้อมูลเฉพาะส่วนที่ต้องการเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.13

1352.2284	10033.0199	2.54	107.53
1352.2283	10033.0209	2.73	113.71
1352.2281	10033.0218	2.66	115.15
1352.2279	10033.0227	2.63	113.89
1352.2277	10033.0235	2.60	115.97
1352.2274	10033.0242	2.73	118.62
1352.2271	10033.0248	2.89	120.86
1352.2268	10033.0254	2.73	124.90
1352.2264	10033.0259	2.61	127.94
1352.2259	10033.0264	2.68	127.37
1352.2255	10033.0270	2.75	129.22
1352.2250	10033.0276	3.27	139.25
1352.2245	10033.0280	2.56	142.58
1352.2239	10033.0284	1.96	147.89
1352.2233	10033.0289	3.00	139.73
1352.2225	10033.0294	2.84	140.49
1352.2219	10033.0299	2.78	144.05

รูปที่ 4.13 ชุดข้อมูลที่ได้ทำการคัดเลือกออกมา

นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบลักษณะเส้นทาง

ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาพล็อตลงบน Scale แผนที่ของสนามฟุตบอลของมหาวิทยาลัย ซึ่งค่าที่ได้จากการรับข้อมูลของ GPS ที่ได้ทำการพล็อตจุดนั้นมีความถูกต้อง ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การพล็อตจุดลงบน Scale แผนที่ของสนามฟุตบอลของมหาวิทยาลัย

จากข้อมูลการใช้งานของชุด GPS นี้โดยปกติจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณ 5 เมตร แต่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพของสิ่งแวดล้อม เช่นการมีเมฆมากหรือน้อย อยู่ใกล้อาคารทำให้สัญญาณจากด้านหลังอาคารมาไม่ถึง หรืออยู่ใต้ต้นไม้ที่หนาแน่น แต่ในการใช้งานระบบนี้ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งสามารถใช้งานได้ดี ยกเว้นช่วงที่มีเมฆมาก

DPU

4.6 การบอกทิศทางโดยใช้แผนที่

ในการกำหนดจุดสำคัญสำหรับการเคลื่อนที่นั้น จะใช้สัญลักษณ์วงกลมและมีตัวเลขกำกับ เพื่อบอกทั้งจุดเริ่มต้น จุดสุดท้าย และทางแยกต่างๆ รถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติจะต้องขับเคลื่อนไปตามลำดับของจุดตามที่ระบุไว้ในแผนที่ เมื่อรถวิ่งมาถึงจุดสำคัญเหล่านี้ ระบบแผนที่จะทำการคำนวณทิศทางที่ต้องเคลื่อนที่ต่อไปให้กับระบบประมวลผลกลาง ทั้งนี้ค่าของตำแหน่งจะได้มาจากระบบระบุตำแหน่ง

ระบบระบุตำแหน่งจะส่งตำแหน่งของตัวรถ ณ ขณะนั้น, และพิกัด GPS เพื่อระบบแผนที่จะได้คำนวณว่า รถอยู่ตำแหน่งไหนของแผนที่ เพื่อนำไปพิจารณาต่อไป

ระบบประมวลผลกลางจะทำการสอบถามมายังระบบแผนที่ตลอดเวลา ว่าขณะนี้รถอยู่ห่างจากบริเวณทางโค้งหรือทางแยกเท่าไร และต้องเลี้ยวไปทิศทางไหน กี่องศา เมื่อรถวิ่งไปจนถึงระยะที่ต้องเลี้ยวระบบแผนที่ก็จะส่งทิศทางการเลี้ยวให้ระบบประมวลผลกลาง เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

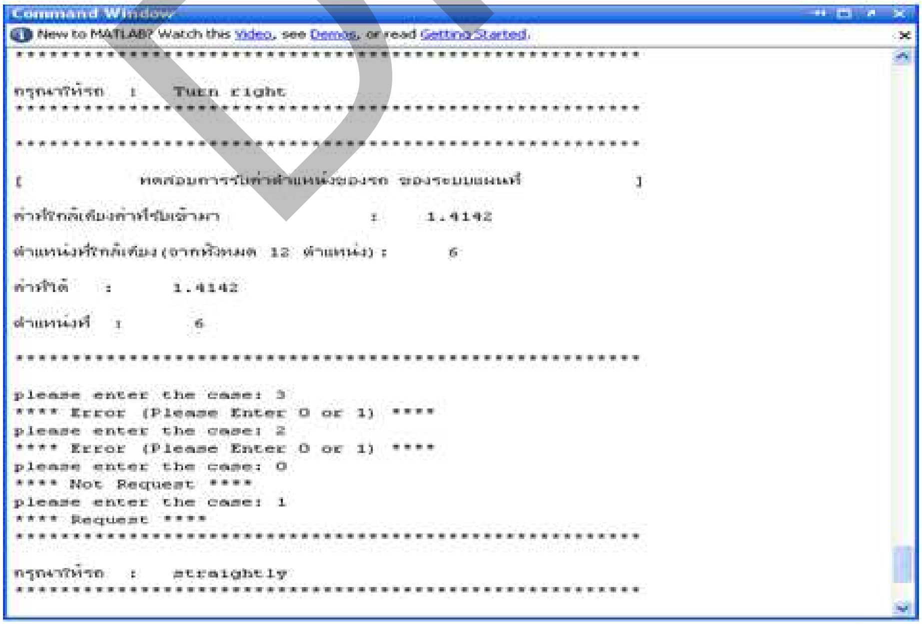
รูปที่ 4.15 ทดสอบให้วิ่งไปถึงจุดที่กำหนด

จากรูปที่ 4.15 จะมีจุดที่เริ่ม Start เป็นวงกลม (ที่พิกัด X, Y เป็น 345, 225) และเขียนคำว่า SP (Starting Point) เพื่อเป็นสัญลักษณ์ในการบอกตำแหน่งของจุดเริ่มต้น แล้วจะมีการ Plot จุด ซึ่งจะค่อยๆ เลื่อนไปตามเส้นทางจนถึงวงกลม จุดสีดำนี้จะเป็นสัญลักษณ์แทนตำแหน่งของรถในการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ และจะมีวงกลมที่อยู่ตามทางแยกหรือทางโค้งจำนวน 13 จุด ตามจำนวนทางแยก และทางโค้งต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาในการตัดสินใจว่า เมื่อถึงตำแหน่งนี้แล้ว รถควรจะวิ่งไปยังเส้นทางใดต่อ และเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ผิดทิศทาง เพราะในการทำงานจริง

รถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติอาจจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ถูกต้องตามเส้นทางเสมอ รถอาจเกิดการคลาดเคลื่อนจากเส้นทางไปบ้าง จึงต้องมีการกำหนดจุดเชื่อมเพื่อให้รู้ว่าเมื่อเลี้ยวไปด้านนี้แล้ว ต้องวิ่งไปต่อที่จุดใด

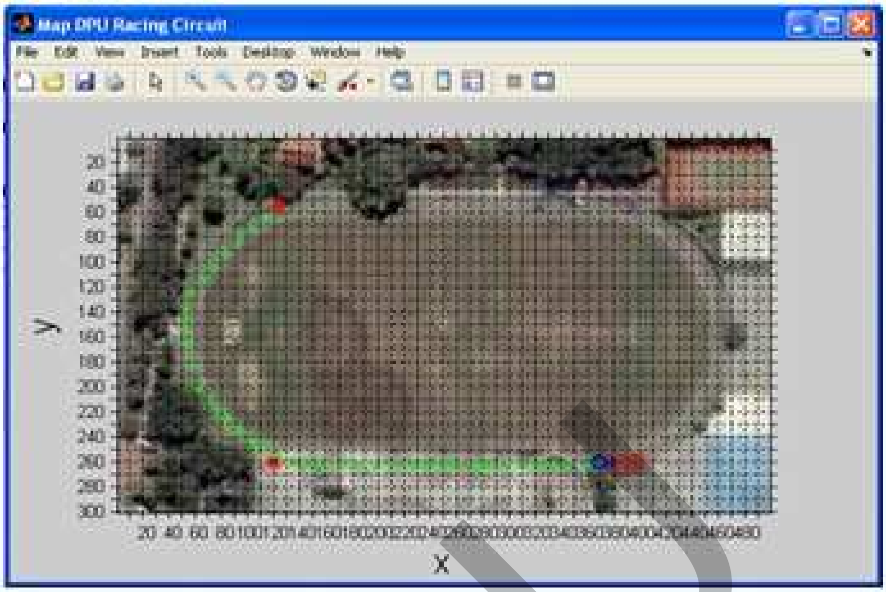
รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบการวิ่งครบรอบ

จากรูปที่ 4.16 จะเป็นการเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติ โดยการผ่านทางแยก ทางโค้งต่างๆ ตามเส้นทางของแผนที่จนถึงจุดปลายทางที่กำหนดไว้



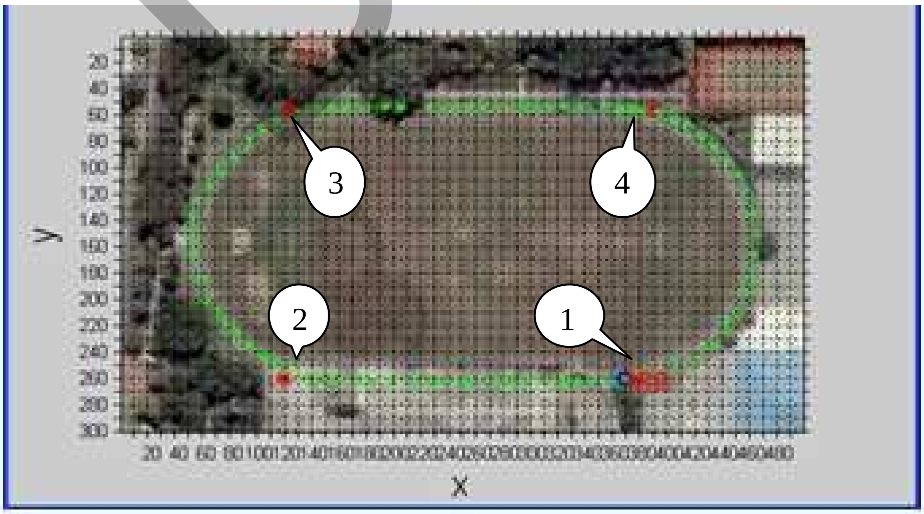
รูปที่ 4.17 รายละเอียดของการทดสอบการสอบถามทิศทาง

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นเป็นภาพของการพิจารณาทิศทางในการเคลื่อนที่ของรถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติว่าจะให้รถขับเคลื่อนไปในทิศทางใด เมื่อถึงทางแยกหรือทางโค้งต่างๆ



รูปที่ 4.18 การทดสอบกับสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

จากรูปที่ 4.18 เป็นการทดสอบโปรแกรมในส่วนของระบบแผนที่ โดยใช้สนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เมื่อแผนที่ระบุให้เลี้ยวขวา รถก็จะทำการวิ่งไปตามทิศทางที่แผนที่ระบุ จนรถวิ่งมาถึงอีกทางแยก หรืออีกทางโค้งหนึ่ง ระบบแผนที่ก็จะระบุว่ารถอยู่ใกล้เคียงตำแหน่งหรือทางแยกใด



รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่รอบสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

จากรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19 จะมีลักษณะการทำงานเหมือนกัน เพียงแต่เป็นสนามฟุตบอลของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ซึ่ง Resize ภาพให้มีขนาด 480x300 ผลการทดสอบการวิ่งรอบสนามที่มีการกำหนดส่วนที่เป็นโค้งไว้ 4 จุด คือ 1(375,260) 2(120,260) 3(125,55) 4(390,55)

ทดสอบโปรแกรมที่สามารถบอกทิศทางและมุมเลี้ยว

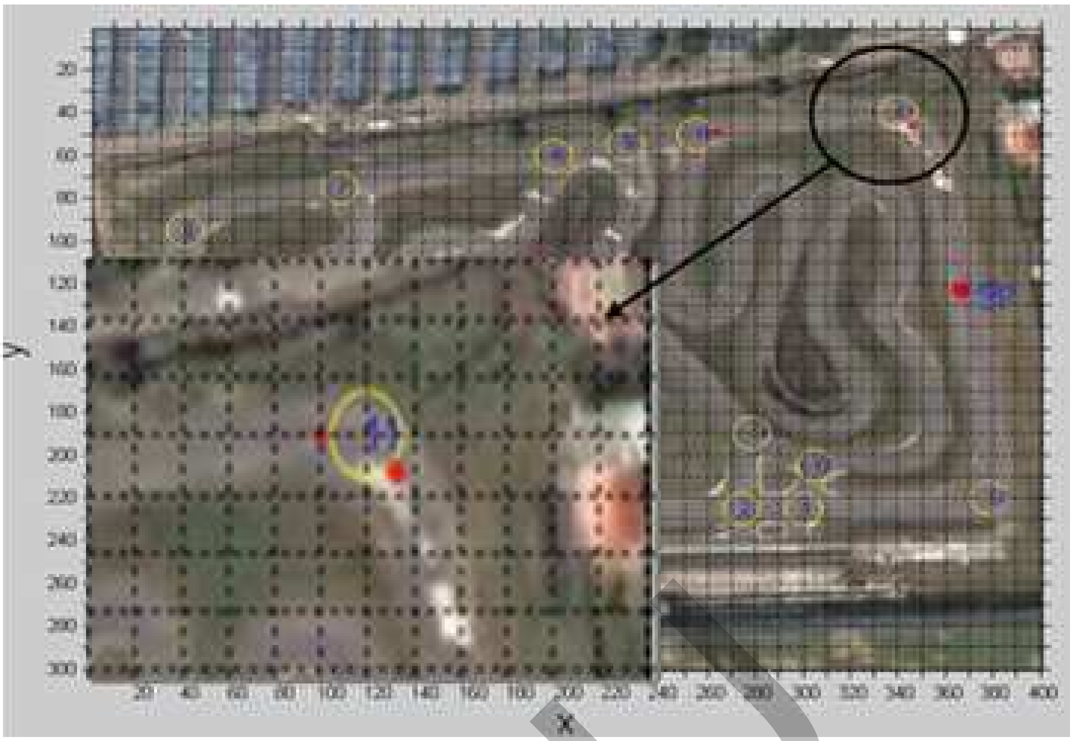
- **การกำหนดทางโค้งและแยกต่างๆ**

จากรูปที่ 4.20 เป็นการกำหนดทางโค้งหรือทางแยกต่างๆ เพื่อเป็นการกำหนดให้รู้ว่า เมื่อรถวิ่งมาถึง ณ ตำแหน่งทางโค้งหรือแยกใดแยกหนึ่งของสนาม ก็จะสามารถบอกได้ว่า รถอยู่ตำแหน่งที่เท่าไร เพื่อจะนำมาพิจารณาว่าจะให้รถวิ่งไปทิศทางไหนต่อไป โดยมีการกำหนดจุดต่างๆ ไว้ทั้งหมด 15 จุด

รูปที่ 4.20 การกำหนดทางโค้งและแยกต่างๆ

- **การกำหนดจุดเริ่มต้น และการกำหนดเส้นทาง**

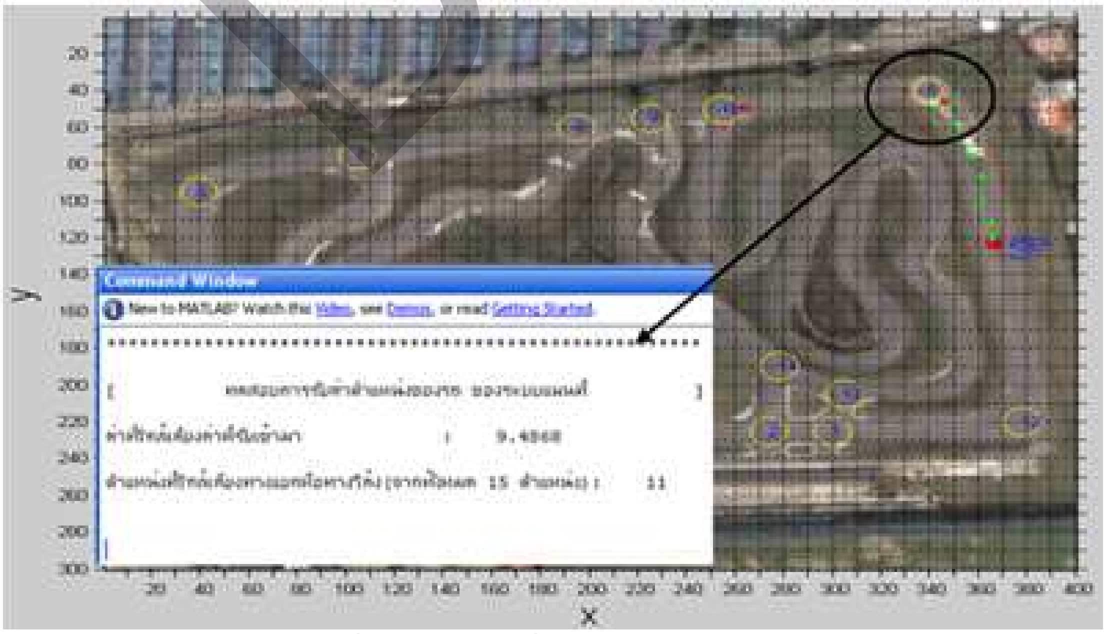
จากรูปที่ 4.21 จะเป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นของรถ (จุดที่มีคำว่า <-SP-> ที่พิกัด 340,40) ว่าจะให้รถเริ่มวิ่งที่ตรงไหนของสนามแข่งขัน และจะมีการกำหนดเส้นทางว่าจะให้รถวิ่งไปยังทิศทางใด ซึ่งการกำหนดจุดนี้จะรับ Input จากเมาส์โดยผู้ใช้เป็นคนกำหนด และโค้งที่ 11 จะมีจุดอยู่ 2 จุด ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการบอกว่าจะให้รถไปในทิศทางไหน คือ จุดแรก (จุดใหญ่) เป็นการกำหนดจุดไว้ด้านหน้าทางโค้งหรือทางแยก เพื่อให้รู้ว่าจะไปทางโค้งหรือทางแยกไหนบ้าง ส่วนจุดที่สอง (จุดเล็กๆ) จะจุดไว้ ณ ตำแหน่งที่จะให้รถเคลื่อนที่ไปทิศทางนั้น



รูปที่ 4.21 การกำหนดจุดเริ่มต้น และการกำหนดเส้นทาง

- **ขั้นตอนต่างๆ เมื่อถึงทางโค้งหรือทางแยก**

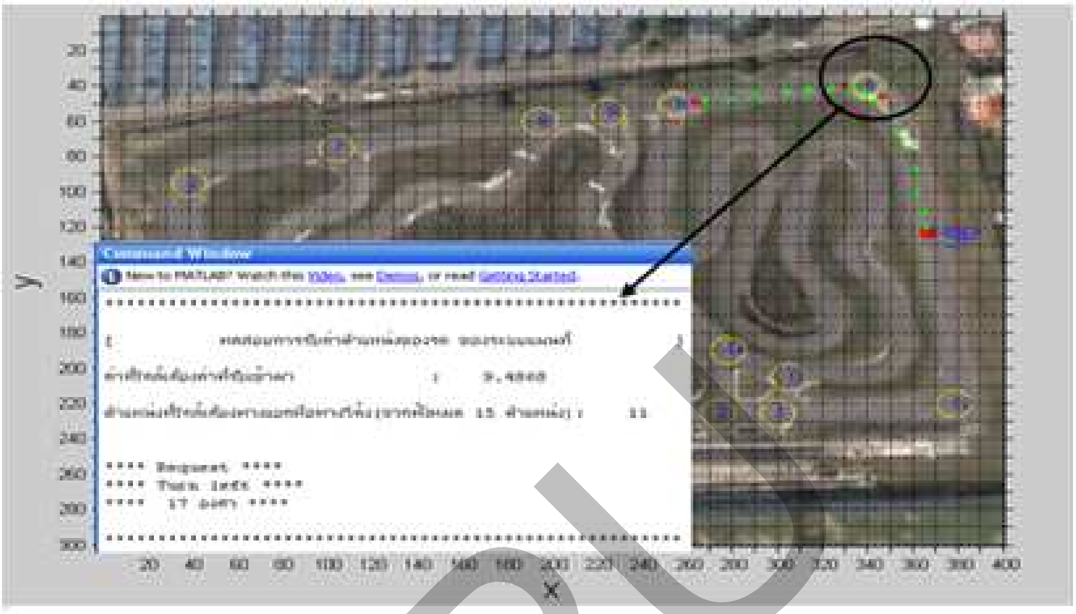
จากรูปที่ 4.22 รถจะวิ่งจากจุดเริ่มต้น (จุดที่เขียนว่า <-SP-> ที่พิกัด 340,40) ไปยังทางโค้งหรือทางแยกที่กำหนดเส้นทางไว้ เมื่อรถวิ่งไปถึงก็จะมีการบอกว่า เป็นทางโค้งหรือทางแยกที่เท่าไร (ตามที่ลูกศรชี้)



รูปที่ 4.22 การบอกชื่อทางโค้งหรือทางแยก

DPU

จากรูปที่ 4.23 รถจะทำการเลี้ยวไปทางซ้าย จะเห็นได้ว่าใน Command Window จะมีการบอกทิศทางการเลี้ยว และองศาที่จะเลี้ยวด้วย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้ในส่วนระบบประมวลผลกลาง



รูปที่ 4.23 การบอกทิศทาง และองศาการเลี้ยว

DPU

4.7 การวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอล

การวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ซึ่งรอบสนามฟุตบอลนี้มีระยะทางประมาณ 400 เมตร โดยการวิ่งรถอัตโนมัติจะมีอยู่ 2 สภาวะคือสภาพแสงมากดังแสดงสภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.24 (ก และ ข) และสภาพแสงน้อยในรูปที่ 4.24 (ค และ ง)

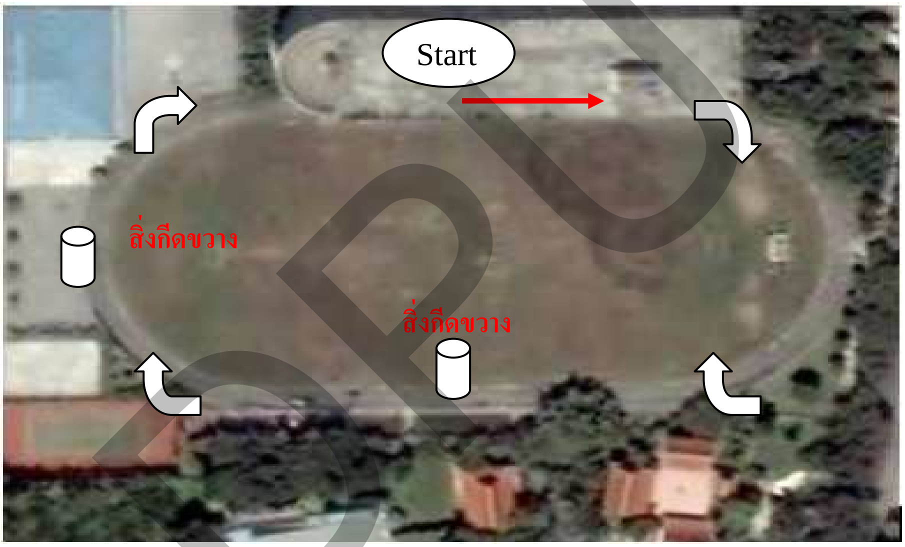
ก. สภาวะแสงมาก กล้องด้านซ้าย

ข. สภาวะแสงมากกล้องด้านขวา

ค. สภาวะแสงน้อย กล้องด้านซ้าย

ง. สภาวะแสงน้อย กล้องด้านขวา

รูปที่ 4.24 สภาพของสนามในการทดสอบ ทั้งในช่วงแสงมากและแสงน้อย



รูปที่ 4.25 เส้นทางการทดสอบและการวางตำแหน่งของป้ายจราจรและสิ่งกีดขวาง

ในการทดสอบนี้จะให้รถขับเคลื่อนเองที่ความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (2.78 เมตรต่อวินาที) ไปตามทิศทางของสนามฟุตบอล มีป้ายจราจรบอกการเลี้ยวตามจุดเลี้ยวต่างๆ และมีสิ่งกีดขวาง 2 จุดที่ระยะประมาณ 200 และ 300 เมตรดังแสดงในรูปที่ 4.25 โดยจะทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง แบ่งเป็นช่วงแสงมากและแสงน้อยอย่างละ 5 ครั้ง ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลอง โดยระบุค่าเป็นระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไปได้ โดย 400 เมตรหมายถึงวิ่งได้ครบรอบ ถ้าระยะทางน้อยกว่านี้หมายถึงรถไม่สามารถวิ่งไปถึงจุดหมายโดยอาจจะวิ่งลงข้างทางหรือชนกับสิ่งกีดขวาง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการวิ่งรถอัตโนมัติ

ครั้งที่	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในแต่ละการทดลอง (เมตร)	
	แสงมาก (มีเงา)	แสงน้อย (ไม่มีเงา)
1	125 ตกขอบทางเพราะเงา	325 หลบสิ่งกีดขวางแล้วตกขอบทาง
2	200 ชนสิ่งกีดขวาง	350 ประตูทางออกสนามฟุตบอล
3	200 ชนสิ่งกีดขวาง	350 ประตูทางออกสนามฟุตบอล
4	250 ตกขอบทางเพราะเงา	400 วิ่งได้ครบรอบ
5	150 ตกขอบทางเพราะเงา	400 วิ่งได้ครบรอบ
เฉลี่ย	185	365

DPU

จากผลการทดลองในสภาพที่มีแสงมาก รถไม่สามารถเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติไปสู่จุดสุดท้ายได้เลย โดยวิ่งได้เฉลี่ยประมาณ 185 เมตร ทั้งนี้เพราะมีเงาของต้นไม้พาดมาที่ถนน ทำให้ระบบวิเคราะห์ขอบทางทำงานผิดพลาด ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเงาและขอบทางได้ ทำให้หักหลบลงข้างทาง

ทั้งนี้ในการทดลองช่วงที่มีแสงน้อยรถวิ่งได้ระยะทางเฉลี่ยมากกว่าแบบแสงมากถึงประมาณ 2 เท่าคือวิ่งได้เฉลี่ย 365 เมตร โดยมี 2 ครั้งสุดท้ายที่วิ่งได้ครบรอบ อีก 3 ครั้งที่เหลือเคลื่อนที่ไปได้เกือบถึงจุดหมาย โดยวิเคราะห์ข้อมูลผิดในช่วงที่เป็นประตูเปิดเข้าออกสนาม เพราะระบบถูกสร้างเพื่อวิเคราะห์หาขอบทางที่เป็นลักษณะของหญ้ามากกว่าทางเดิน

4.8 สรุปผลการดำเนินงาน

การทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ จะเห็นว่า ในการทดสอบระบบหลักๆ จะเป็นการทดสอบในส่วนการทำงานของระบบซอฟต์แวร์เป็นส่วนใหญ่มีเพียงระบบการควบคุมแบบบังคับด้วยมือระยะใกล้ และระยะไกล เท่านั้นที่เป็นการทดสอบการทำงานในส่วนของอุปการณ์ฮาร์ดแวร์ ส่วนการทดสอบระบบด้านซอฟต์แวร์ ได้ทำการทดสอบในหลายส่วนด้วยกันซึ่งแต่ละส่วนพอที่จะประมวลสรุปสาระสำคัญโดยแยกตามระบบที่ทำการทดสอบได้ ดังนี้

การควบคุมรถแบบบังคับด้วยมือ

ในการควบคุมรถแบบบังคับด้วยมือจะมีการทำงานอยู่ 2 แบบคือ การควบคุมระยะใกล้ สามารถทำการบังคับการเลี้ยวเหมือนกับการใช้พวงมาลัย และการควบคุมระยะไกลสามารถทำงานได้ดีในระยะห่างไม่เกิน 20 เมตร ทั้งนี้เกิดจากข้อจำกัดของอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ รวมทั้งสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ที่มีแม่เหล็กไฟฟ้าสูง

การควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์

ในการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์โดยการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ เมื่อมีการสั่งการควบคุมการทำงานของรถหลายๆ คำสั่งในเวลาใกล้เคียงกัน ระบบจะตอบสนองคำสั่งได้ไม่ครบตามคำสั่งที่ส่งมา เพราะการทำงานของรถมีการหน่วงเวลาการทำงานทำให้รับคำสั่งไม่ทัน แต่จากการทดลองจำนวนครั้งที่รถทำตามคำสั่งเพียงพอต่อการทำงานของระบบในภาพรวม

การวิเคราะห์สัญญาณภาพ

ในการวิเคราะห์สัญญาณภาพจะมีการทำงานอยู่ 2 ระบบคือ ระบบการวิเคราะห์หาขอบทาง ซึ่งจะสามารถทำงานได้ในสภาวะที่มีแสงมากจนถึงแสงน้อย โดยสามารถหาขอบภาพได้ชัดเจน แต่ในสภาวะที่มีแสงน้อยมากหรือมืดจะไม่เห็นขอบภาพหรือเห็นแบบไม่ต่อเนื่อง และในกรณีที่มีเงาต้นไม้ก็จะทำให้ได้ค่าของเงาต้นไม้แทนค่าของขอบทางซึ่งเป็นค่าที่ไม่ถูกต้อง ระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรจะสามารถบอกสัญลักษณ์ของป้ายสัญญาณจราจรว่าเป็นป้ายเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาในระยะที่แตกต่างกันได้ โดยระยะที่เหมาะสมจะไม่เกิน 5 เมตร

การวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง

ในการวิเคราะห์สิ่งกีดขวางด้วยอุปกรณ์ Laser Range จะสามารถบอกตำแหน่ง และองศาของวัตถุว่าอยู่ทางด้านซ้ายหรือทางด้านขวากี่องศา และระยะห่างตัวรถกับสิ่งกีดขวางได้ ทั้งนี้ระยะตรวจจับจะแม่นยำมากขึ้นถ้าวัตถุอยู่ด้านหน้าของตัวรถ

การวิเคราะห์สัญญาณ GPS

ในการวิเคราะห์สัญญาณ GPS จะทำการระบุตำแหน่งโดยการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS Module ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่าน USB พอร์ทแล้วนำข้อมูลที่อ่านได้มาแยกให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่ขึ้นต้นด้วย “$GPRMC” ซึ่ง Sentence นี้จะให้พิกัดมุ่งหน้า, ความเร็ว และพิกัดตำแหน่งละติจูด-ลองจิจูด ซึ่งพิกัดตำแหน่งนี้จะนำมาคำนวณหาค่า(x,y) ที่จะนำมาใช้พล็อตจุดลงบน Scale แผนที่เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งของรถในขณะเคลื่อนที่ และเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ

DPU

การระบุทิศทางโดยใช้แผนที่

ในการรถบุทิศทางโดยใช้แผนที่ ระบบนี้จะเป็นการกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถขณะที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นทางที่เป็นทางโค้งหรือทางแยก เพราะระบบตัดสินใจกลางไม่สามารถที่จะกำหนดเส้นทางที่ตายตัวได้เมื่อมีการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ระบบนี้จะเป็นเหมือนผู้ชี้เส้นทางที่ถูกต้องให้รถเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้อย่างถูกต้องตามที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งระบบการบอกทิศทางโดยใช้แผนที่ จะต้องอาศัยข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งด้วย GPS มาทำการเปรียบเทียบตำแหน่งของรถขณะเคลื่อนที่ว่าอยู่ตำแหน่งไหน หากรถเคลื่อนที่มาถึงจุดที่ผู้ใช้กำหนดให้ทำการเลี้ยวระบบตัดสินใจกลางจะสอบถามและรับคำสั่งการเลี้ยวนี้ไปควบคุมสั่งการต่อไป

การวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอล

ในการวิ่งรถอัติโนมัติในสนามฟุตบอลสามารถทำการวิ่งได้ดี และสามารถวิ่งได้ครบรอบสนามในสภาวะที่มีแสงน้อย เพราะในสภาวะที่มีแสงน้อยจะไม่เกิดเงาของต้นไม้ ซึ่งเงาต้นไม้จะเป็นอุปสรรคในการวิ่งรถอัติโนมัติในสนามฟุตบอล ระบบสามารถตรวจจับป้ายสัญญาณจราจรและสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ถูกต้อง

DPU

บทที่ 5

วิเคราะห์การทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน หลังจากการออกแบบ ดัดแปลงรถ พัฒนาโปรแกรม และทำการทดสอบการทำงานของระบบ ซึ่งจะมีผลการวิเคราะห์ของการดำเนินงาน 2 ส่วน ดังนี้

- สมรรถนะของรถที่ดัดแปลง
- ระบบควบคุมอัตโนมัติ

5.1 สมรรถนะของรถที่ดัดแปลง

ส่วนของการวิเคราะห์สมรรถนะของรถที่ดัดแปลง จะเป็นการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานของการดัดแปลงรถ ดังนี้

การติดตั้งระบบควบคุมรถจากภายนอก

จากการทดสอบควบคุมรถจากภายนอกเช่นการใช้แท่นบังคับ หรือการบังคับจากคอมพิวเตอร์ รถสามารถเคลื่อนไปอย่างที่ต้องการ แต่อัตราการตอบสนองและความถนัดในการบังคับ จะไม่เท่ากับการควบคุมจากพวงมาลัยโดยตรง

การปรับตั้งศูนย์ถ่วงล้อรถ

จากการปรับตั้งศูนย์ถ่วงล้อรถใหม่ ทำให้รถสามารถวิ่งได้ตรงมากขึ้น และทำการเลี้ยวไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง โดยแต่เดิมศูนย์ถ่วงล้อที่รถวิ่งไปจะวิ่งเอียงไปข้างหนึ่ง ไม่สามารถทำให้รถวิ่งตรงได้ ซึ่งในส่วนนี้ทำให้รถสามารถวิ่งได้ดีขึ้น

การทำคันเร่งให้ดึงกระเดื่องคันเร่ง

จากการติดตั้งตัวดึงคันเร่งที่กระเดื่องคันเร่งโดยตรง จะสามารถทำให้การใช้แรงดึงที่ไม่มาก และประหยัดอุปกรณ์ในการติดตั้ง เช่น ถ้าดึงจากคันเร่งจะทำให้ใช้แรงในการดึงมาก จึงต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงในการดึง อาทิ เฟืองทด แต่ถ้าดึงจากกระเดื่องโดยตรงก็จะใช้มอเตอร์หรือเซอร์โวมอเตอร์ เพียงตัวเดียว

DPU

การเปลี่ยนการบังคับจากพวงมาลัยเป็นแท่นควบคุม (Joy Stick)

จากการเปลี่ยนการบังคับพวงมาลัยมาเป็นแท่นควบคุมผลคือ ถ้าเป็นการขับโดยคน การขับด้วยพวงมาลัยจะทำให้การบังคับเลี้ยวได้ดีกว่าแท่นควบคุมแต่ถ้าเป็นการขับด้วยโปรแกรมการใช้แท่นควบคุมจะดีกว่าพวงมาลัย เนื่องจาก การหมุนที่พวงมาลัยจะมีการหมุนฟรีอยู่เล็กน้อย ทำให้การสั่งด้วยโปรแกรมไม่เสถียรซึ่งทำให้องศาในการเลี้ยวผิดเพี้ยนไป

การติดตั้งกล้องเว็บแคม

จากการติดตั้งกล้องเว็บแคมที่โครงรถด้านหน้าความสูงเกือบถึงหลังคา ทำให้ไม่เห็นเงาของหลังคารถ และจะมีวิสัยทัศน์ที่ไกลกว่าภาพที่ถ่ายได้จากตำแหน่งกล้องที่อยู่ต่ำกว่า จึงทำให้รถอยู่ไกลจากขอบถนน เพื่อหลีกเลี่ยงการชนขอบถนนหรือออกนอกถนน ทั้งนี้คุณภาพของกล้องก็มีผลต่อความแม่นยำของระบบ โดยกล้องที่สามารถปรับสภาพแสงได้อัตโนมัติจะใช้งานได้เหมาะกว่า

5.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ส่วนของการวิเคราะห์ระบบควบคุมอัตโนมัติ จะเป็นการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานทั้ง 7 ส่วน ดังนี้

การควบคุมระยะไกล

จากการทดสอบในการควบคุมระยะไกลโดยใช้คลื่นวิทยุควบคุมการเลี้ยวของรถ จะมีระยะการควบคุมได้ที่ 0 – 20 เมตร และในระยะการควบคุมที่ 21 – 30 เมตร จะควบคุมการเลี้ยวของรถได้ไม่แน่นอน และตั้งแต่ระยะที่ 31 เมตรขึ้นไปไม่สามารถทำการควบคุมการเลี้ยวของรถได้ ซึ่งคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารนี้ระบุไว้ จะสามารถทำการควบคุมได้ระยะตั้งแต่ 0 – 30 เมตร แต่ในการทดสอบเราสามารถทำการควบคุมได้เพียง 0 – 20 เมตร ซึ่งปัญหาที่พบในการควบคุมการทำงานของรถด้วยคลื่นวิทยุ มีอยู่ 2 ส่วนคือ

1. เรื่องความสามารถของชุดภาครับภาคส่งที่ใช้ในการบังคับว่ามีคุณสมบัติในการควบคุมได้ไกลแค่ไหน และสามารถกรองสัญญาณรบกวนทิ้งไปได้
2. เรื่องสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่พบ โดยเกิดจากรถกอล์ฟที่ใช้ ซึ่งเป็นรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในรถกอล์ฟ จะจ่ายกระแสสูงจึงมีสัญญาณรบกวนปะปนออกมาด้วยเสมอ ซึ่งปัญหาสัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นได้ เช่น ตัวรับอยู่ไกลจากเครื่องส่งมาก และสายอากาศอยู่ใกล้กับสัญญาณรบกวนเกินไปก็จะถูกกวนได้

การควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์

จากการทดสอบการควบคุมรถผ่านคอมพิวเตอร์ ปัญหาที่พบ คือ จะมีอัตราการตอบสนองของการกดปุ่มควบคุมการทำงานช้า และทำงานไม่ตรงตามการกดปุ่มทำงาน เป็นเพราะมีการหน่วงเวลาการทำงานของการควบคุมในไมโครคอนโทรลเลอร์

การวิเคราะห์หาขอบทาง

จากการทดสอบการหาขอบทาง พบว่า การที่จะได้ขอบทางที่ชัดเจนนั้นขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงของวัตถุ โดยที่ขอบทางที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงมากกว่าส่วนอื่นๆ และส่วนที่แสดงขอบเขตของวัตถุภายในภาพหรือจุดที่เป็นขอบของวัตถุที่แบ่งพื้นผิวของวัตถุหนึ่งออกจากวัตถุอีกชิ้นหนึ่งหรืออาจจะแบ่งพื้นผิวภายในวัตถุเดียวกัน

ปัญหาที่พบในการวิเคราะห์หาขอบทาง คือ ภาพที่อยู่ในสภาวะที่มีความเข้มแสงน้อยหรือมีแสงน้อยมาก จะทำให้ไม่สามารถเห็นขอบทางหรือเห็นขอบทางได้ไม่ชัดเจน และภาพที่มีเงาของต้นไม้ จะทำให้เราได้ภาพที่เห็นขอบของเงาต้นไม้มา จึงทำให้ได้ค่าขอบของเงาต้นไม้แทนที่จะได้ค่าของขอบทางที่แท้จริง

จากการทดสอบถ้าอยู่ในสภาวะที่มีแสง และไม่มีเงาของต้นไม้ จะทำให้การวิเคราะห์หาขอบทางได้ค่าที่ถูกต้องและเชื่อถือได้

การวิเคราะห์ป้ายจราจร

จากการทดสอบการวิเคราะห์ป้ายจราจร คือ ป้ายเลี้ยวซ้าย และป้ายเลี้ยวขวา จะเห็นว่าจะมีการตรวจสอบได้อย่างแม่นยำใกล้เคียงกันทั้ง 2 ป้ายสัญญาณจราจร ระบบสามารถตรวจจับป้ายวงกลม และตัดเอาเฉพาะส่วนสัญลักษณ์ของทั้ง 2 ป้ายไปวิเคราะห์หาความหมาย โดยลักษณะสัญลักษณ์ของทั้ง 2 ป้าย จะมีความแตกต่างกันตรงส่วนโค้งของลูกศรที่โค้งออกทางซ้ายและที่โค้งออกทางขวา ทั้งนี้ระบบตรวจสอบได้แม่นยำใกล้เคียงทั้ง 2 ป้าย

การวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง

จากการทดสอบการวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง ได้ใช้อุปกรณ์ Laser Range ในการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง โดยอุปกรณ์ Laser Range จะสามารถบอกค่าระยะห่างของวัตถุ และตำแหน่งของวัตถุว่าอยู่ทางด้านซ้ายหรือด้านขวาของอุปกรณ์ ซึ่งจะมีค่าที่เป็นบวก และค่าที่เป็นลบ โดยค่าที่เป็นบวกหมายถึง วัตถุอยู่ทางด้านซ้ายของรถ และค่าที่เป็นลบหมายถึง วัตถุอยู่ทางด้านขวาของรถ จากการทดสอบการวิเคราะห์สิ่งกีดขวาง สามารถบอกระยะห่างและตำแหน่งของวัตถุได้ถูกต้อง

DPU

การระบุตำแหน่งของรถด้วย GPS

จากการทดสอบการทำงานของระบบระบุตำแหน่งของรถด้วย GPS นั้น การใช้งานระบบระบุตำแหน่งของรถด้วย GPS ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง ทั้งนี้เมื่อนำเอา GPS Module ไปติดตั้งไว้ที่รถที่ต้องการระบุตำแหน่ง แล้วทำการตรวจสอบพิกัดของรถจากโปรแกรม ทำให้ทราบพิกัดของรถที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์นั้นได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของรถที่ทำการตรวจสอบประมาณ 5 – 20 เมตร ซึ่งสาเหตุมาจากค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดที่ระบุจากสัญญาณ GPS เพราะเนื่องจากชุดรับส่งสัญญาณ GPS ทำงานโดยรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นสภาพอากาศจึงมีผลกระทบต่อการรับส่งสัญญาณ GPS ค่อนข้างมาก ทำให้ชุดรับส่งสัญญาณ GPS ทำงานได้ไม่แม่นยำ ซึ่งถ้าสภาพอากาศที่ชุดรับส่งสัญญาณ GPS ทำงานได้ดี คือ ท้องฟ้าปรอดโปร่งมีเมฆไม่มากหรือไม่มีเมฆ และควรอยู่ในที่โล่งแจ้งไม่มีสิ่งกีดขวางการรับส่งสัญญาณจากดาวเทียม ควรหลีกเลี่ยงที่ที่มีอาคารติดกัน

การบอกทิศทางโดยใช้แผนที่

จากการทดสอบในส่วนของการบอกทิศทางโดยใช้แผนที่นั้น ระบบแผนที่สามารถทำงานร่วมกับระบบตัดสินใจกลางได้เป็นอย่างดี เมื่อมีการสอบถามทิศทางการเลี้ยวมาจากระบบตัดสินใจกลาง โดยการส่งค่าของตำแหน่ง และทิศทางของรถ ในส่วนของระบบแผนที่สามารถบอกทิศทางในการวิ่งพร้อมกับระยะทางระหว่างตัวรถถึงบริเวณทางแยกได้

การวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอล

จากการทดสอบการวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอล พบว่า การที่รถสามารถวิ่งได้ครบรอบนั้นปัจจัยหลักคือการที่ไม่มีเงาของต้นไม้ และแสงสว่างเหมาะสม ซึ่งสภาพแวดล้อมเหล่านั้นช่วยให้ข้อมูลที่ส่งให้ระบบตัดสินใจกลางถูกต้องและสามารถใช้ในการตัดสินใจได้เหมาะสม

อุปสรรคที่พบในการวิ่งรถอัตโนมัติในสนามฟุตบอล คือส่วนของเงาต้นไม้ที่อยู่ข้างสนามที่ใช้ในการวิ่ง คือเงาต้นไม้จะทำให้การวิเคราะห์ภาพหาขอบทาง ส่งค่าที่ไม่ถูกต้องไปยังระบบตัดสินใจกลาง ทำให้ระบบตัดสินใจกลางส่งค่าที่จะทำการเลี้ยวที่ไม่ถูกต้องไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้รถเคลื่อนที่ออกนอกทางหรือเลี้ยวผิดทาง

DPU

บทที่ 6
สรุปผลการการวิจัย

6.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบรถอัจฉริยะที่ได้จากงานวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบรถอัจฉริยะในครั้งนี้ มีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปบนถนนได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ในการใช้งานจริงผู้ใช้ต้องกำหนดจุด เริ่มต้น และที่หมายเอาไว้ก่อน รวมถึงการกำหนดเส้นทางในการเลี้ยวเมื่อรถอัจฉริยะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่เป็นทางแยก เพื่อให้รถสามารถเคลื่อนที่ไปในเส้นทางที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งระบบรถอัจฉริยะนี้ ประกอบไปด้วยระบบที่ช่วยเหลือในการตัดสินใจ จากสภาพแวดล้อมจริงขณะที่รถทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดหมาย ซึ่งเป็นระบบช่วยเหลือในการตัดสินใจขณะเคลื่อนที่นี้ จะทำงานแบบ Real–Time คือ เมื่อมีเงื่อนไขเข้ามา ระบบจะทำการวิเคราะห์เงื่อนไขนั้นๆ แล้วส่งข้อมูลให้ระบบตัดสินใจกลางทำการตัดสินใจ และสั่งงานให้รถทำงานได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ได้

6.2 การบรรลุวัตถุประสงค์

จากการทำงานวิจัยระบบรถอัจฉริยะ โดยวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ได้มีการจำแนกหัวข้อต่างๆ ออกเป็น 4 หัวข้อเพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการทำงานวิจัยได้อย่างชัดเจนดังต่อไปนี้

1. ได้ทำการพัฒนาดัดแปลงรถกอล์ฟที่เป็นระบบไฟฟ้า ให้สามารถถูกควบคุมสั่งการได้ในระยะไกลได้ และสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 10 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยระยะที่สามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำอยู่ที่ไม่เกิน 20 เมตร แต่ถ้าหากระยะการควบคุมมากกว่า 20 เมตร ขึ้นไปการควบคุมยังสามารถทำได้ แต่ความเสถียรของสัญญาณควบคุมจะลดลงไปตามระยะทางที่ห่างมากขึ้น

2. ได้ทำการพัฒนาระบบ และอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการตรวจจับ การประมวลผล และสั่งการให้รถเคลื่อนที่ไปในทิศทาง และความเร็วที่ต้องการซึ่งจะเห็นได้จากการทดสอบ เมื่อมีการสั่งงานจากระบบตัดสินใจกลาง รถมีการตอบสนองทันทีเมื่อมีการสั่งการควบคุม แต่ในการสั่งงานในส่วนนี้ จุดที่ต้องนำมาใช้ในการพิจารณาคือค่าของการหน่วงเวลาของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะถ้าไม่ได้พิจารณาให้ดีการสั่งงานจากระบบตัดสินใจกลางไปยังระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานได้ไม่ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

3. ได้ทำการออกแบบ และพัฒนาส่วนซอฟต์แวร์สำหรับตรวจจับสัญญาณจากภายนอก ได้แก่ สัญญาณภาพที่รับเข้ามาจากกล้องเว็บแคม สัญญาณ GPS และสัญญาณการตรวจจับจาก Laser Range Finder สัญญาณต่างๆ เหล่านี้ระบบตัดสินใจกลางจะนำมาวิเคราะห์ แล้วทำการ

DPU

ตัดสินใจการสั่งงานให้รถเคลื่อนที่ รวมทั้งใช้ตัดสินใจในการเลือกเส้นทางในการเคลื่อนที่ จากต้นทางไปยังจุดหมาย

4. ได้ทำการออกแบบ และพัฒนาส่วนการเชื่อมต่อระหว่างรถ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ และส่วนวิเคราะห์สั่งการ เพื่อให้รถสามารถขับเคลื่อนอย่างอัตโนมัติไปในเส้นทางที่ต้องการได้ หลังจากนำระบบรถอัจฉริยะที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์แล้วมาทำการทดสอบการทำงานโดยนำมาทดสอบขับเคลื่อนบริเวณถนนรอบสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัย ซึ่งสนามมีองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมที่เหมาะสำหรับการทดสอบระบบที่ได้ทำการพัฒนา คือ มีทางแยก หรือทางโค้ง มีขอบทาง เป็นสถานที่โล่งสามารถใช้งาน GPS ได้ และมีสิ่งกีดขวางตลอดเส้นทาง ผลที่ได้จากการทดสอบ รถสามารถเคลื่อนที่ไปบนถนนได้จนถึงปลายทางโดยที่ผู้ที่นั่งไปบนรถไม่ต้องควบคุมรถ แสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานต่างๆ สามารถทำงานสอดคล้องกัน ทำให้ผลที่ออกมาเป็นที่น่าพอใจ

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. การประมวลผลภาพที่ได้พัฒนามายังมีปัญหาในเรื่องของเงา แสง ควรจะพัฒนาต่อให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้ โดยการเรียนรู้สภาพของถนนหรือความแตกต่างระหว่างเงาและพื้นถนนจริง

2. การควบคุมระยะไกลมีปัญหาทางด้านการควบคุมได้ไม่ไกลนัก จากที่ได้พัฒนาจะควบคุมได้ไม่เกินระยะทาง 20 เมตร โดยใช้แท่นควบคุมและชุดวิทยุบังคับเป็นอุปกรณ์ควบคุมทิศทางของรถ ควรจะพัฒนาในการควบคุมได้ให้ไกลกว่านี้ อาจจะใช้การควบคุมระยะไกลด้วย Wireless

3. ระบบเบรคจากของเดิมยังไม่มีระบบเบรค แต่ใช้การชะลอตัวรถเพื่อให้วิ่งช้าลง และการใช้เบรคโดยตรงจากแท่นเบรค ทั้งนี้ในระบบปัจจุบันยังควบคุมรถให้มีเพียงความเร็วเดียว

4. พัฒนารถไร้คนขับที่สามารถวิ่งได้ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางขนาดเล็ก ตรวจจับและหลบหลีกวัตถุที่เคลื่อนที่ ทำตามสัญญาณจราจรได้มากขึ้น และเขียนแผนที่ของบริเวณที่รถวิ่งผ่านได้

6.4 สรุป

การจะบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ผู้พัฒนาได้นำองค์ความรู้ในด้านต่างๆ มาทำการประยุกต์ ดัดแปลงและ พัฒนาให้สามารถทำงานร่วมได้อย่างสอดคล้องเสมือนเป็นระบบเดียวทั้งระบบ ซึ่งในการพัฒนาระบบย่อยต่างๆ ให้สามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้พัฒนา จำเป็นต้องทำการออกแบบและ สร้างหน่วยการทำงานนั้นๆ ขึ้นมาโดยเฉพาะ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยการทำงานที่ใช้เพียงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อย่างเดียว หรือหน่วยการทำงานที่ต้องอาศัยการทำงานควบคู่

DPU

กันของซอฟต์แวร์และ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เนื่องจากที่กล่าวไว้ตอนต้นว่า ระบบรถอัจฉริยะนี้เปรียบเสมือนเป็นระบบเดียวกันทั้งระบบ แต่ในความเป็นจริงแล้วการที่จะได้รถอัจฉริยะมาหนึ่งคันจำเป็นต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ และพัฒนาระบบต่างที่มีอยู่เดิมให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับระบบที่พัฒนาเพิ่มเช่น ระบบการเคลื่อนที่หรือ การหยุดของรถ ระบบการสั่งให้รถเลี้ยว รวมถึงความเป็นอัจฉริยะของรถเอง ผู้พัฒนาต้องนำเงื่อนไขและองค์ประกอบต่างๆ ที่จำเป็นในการพัฒนา ข้อดี-ข้อเสียต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการ รวมถึงข้อจำกัดในด้านต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ และพัฒนาระบบให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทำงานวิจัยนี้ผู้พัฒนาได้พัฒนารถให้สามารถวิ่งได้เองโดยอัตโนมัติ และมีความสามารถในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดหมายตามเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้ได้

DPU

บรรณานุกรม

[1] S. Thrun, "Robotic Mapping: A Survey," in *Exploring Artificial Intelligence in the New Millenium*, G. a. N. Lakemeyer, B., Ed.: Morgan Kaufmann, 2002.

[2] A. Nuchter, H. Surmann, K. Lingemann, J. Hertzberg, and S. Thrun, "6D SLAM with an application in autonomous mine mapping," in *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2004, pp. 1998-2003 Vol.2.

[3] E. Menegatti, A. Pretto, A. Scarpa, and E. Pagello, "Omnidirectional vision scan matching for robot localization in dynamic environments," *Robotics, IEEE Transactions on [see also Robotics and Automation, IEEE Transactions on],* vol. 22, pp. 523-535, 2006.

[4] G. Seetharaman, A. Lakhotia, and E. P. Blasch, "Unmanned Vehicles Come of Age: The DARPA Grand Challenge," *Computer,* vol. 39, pp. 26-29, 2006.

[5] D. W. Gage, "UGV History 101: A Brief History of Unmanned Ground Vehicle (UGV) Development Efforts," in *Unmanned Systems*. vol. 13, 1995.

[6] R. Wei, R. Mahony, and D. Austin, "A bearing-only control law for stable docking of unicycles," in *International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2003, pp. 3793-3798 vol.3.

[7] M. Bosse, P. Newman, J. Leonard, and S. Teller, "Simultaneous Localization and Map Building in Large-Scale Cyclic Environments Using the Atlas Framework," *The International Journal of Robotics Research,* vol. 23, pp. 1113-1139, December 1, 2004 2004.

[8] D. Wooden, "A guide to vision-based map building," *Robotics & Automation Magazine, IEEE,* vol. 13, pp. 94-98, 2006.

[9] K.-H. Jo, H.-D. Kang, and I. Moon, "Self-localization from the panoramic views for autonomous mobile robots," in *The Fifth Russian-Korean International Symposium on Science and Technology*, 2001, pp. 6-9.

[10] Thai Robotics Society, "Thailand Intelligent Vehicle Challenge," in http://tivc.ait.ac.th/. vol. 2008 Bangkok, 2007.

[11] W. Wannasuphophrasit, M. Wongsaisuwan, M. Wongphati, N. Termthanasombat, C. Chanma, Y. Suttasupa, K. Chuengsatiansup, S. Chinthanaphatumporn, P. Pornsethavorn,

DPU

C. Supawong, J. Ruangkaewsakul, and S. Horkriengkrai, "Jack-O-Lantern : Intelligent Vehicle," Chulalongkorn University, Bangkok 2007.

[12] นางสาว นวรัตน์ เติมธนาสมบัติ และ นาย ยุทธนา สุทธสุภา, "การระบุขอบเขตถนนเพื่อการพัฒนาระบบขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ," ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.. วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549,หน้า 82.

[13] นายปิยะ ตันติวิชาญ และน.ส.พนิตนันท์ อภิวัฒน์อุดมคุณ, วิทยานิพนธ์ เรื่อง ระบบประมวลผลกลางสำหรับรถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ, 2552, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[14] นายธนวัฒน์ พ้นชั่ว และนายเฉลิมพล รักการงาน, วิทยานิพนธ์ เรื่อง รถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ ระบบวิเคราะห์สัญญาณจราจรและสิ่งกีดขวาง, 2552, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[15] Frederik L. Schodt. Inside the Robot Kingdom : Japan, Mechatronics, and the Coming Robotopia. Kodansha International, Tokyo, 1988.

[16] รศ.ดร.มนูกิจ พานิจกุล, Thai Robotics Society, การแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย, 6 มีนาคม 2552, Website: http://www.ise.ait.ac.th/TIVChallenge/index.htm

[17] H. R. Everett. Sensors for Mobile Robots : Theory and Application. A K Peters, Ltd., Wellesley, Massachusetts, 1995.

[18] Digital Image Processing, 3rd ed. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, 2007.

[19] R. H. Barnett, L. O'Cull, and S. Cox, Embedded C Programming and the Atmel AVR, 2 ed.: Thomson Delmar Learning, 2007.

[20] The Math works, MATLAB and Simulate for Technology Computing
Website: http://www.mathworks.com

[21] จารวี ฉันทสิทธิพร, วิทยานิพนธ์ เรื่อง การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายใยประสาท สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis/showthesis_th.asp?id=0000002601

[22] นายจักรพันธ์ ทานอุทิศ และนายอิสระวุฒิ บุญจูง, วิทยานิพนธ์ เรื่อง รถยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ ส่วนบอกทิศทางด้วยแผนที่และการสร้างแผนที่อัตโนมัติ, 2552, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[23] Active Robots, Robotics and Electronics Technology.
Website: http://www.active-robots.com/products/sensors/hokuyo.shtml

[24] Distributed by Innovative Experiment Co.,Ltd., Thailand, CMPS03 Digital Compass Module, Website: *www.es.co.th/Schemetic/PDF/NX-ADX-CMPS03.PDF*

DPU

[25] บริษัทอีทีที จำกัด : ETT Co.,Ltd., ET-BASE AVR ATmega64/128, 18 พ.ค. 2553
Website: http://www.ett.co.th/product/03A21.html

[26] Thailand Intelligent Vehicle Challenge :ผลการแข่งขัน TIVC 2007, 18 พ.ค. 2554
Website: http://tivc.ait.ac.th/news?selected_year=2007

[27] Thailand Intelligent Vehicle Challenge :ผลการแข่งขัน TIVC 2008, 18 พ.ค. 2554
Website: http://tivc.ait.ac.th/news?selected_year=2008

[28] Thailand Intelligent Vehicle Challenge :ผลการแข่งขัน TIVC 2009, 18 พ.ค. 2554
Website: http://tivc.ait.ac.th/news?selected_year=2009

[29] CT Asia Robotics: หุ่นยนต์ดินสอ, 18 พ.ค. 2554
Website: http://www.dinsow.com/About-Dinsow.php

[30] Wikipedia: Webcam, 23 พ.ค. 2554
Website: http://en.wikipedia.org/wiki/Webcam

[30] Narongdech Keeratipranon, *A Feed Forward Neural Network for Classifying Information from Landsat Multi-Spectral Scanner Imagery*, Sudhi Paritad Journal, October 2002

[31] Hokuyo Automatic Co., LTD, Scanning Laser Range Finder UTM-30LX/LN Specification, page 2, April 2008.

[32] Hokuyo Automatic Co., LTD, Communication Protocol Specification For SCIP2.0 Standard, page 9, October 2006.

DPU

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อภาษาไทย	ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์
ชื่อภาษาอังกฤษ	Dr.Narongdech Keeratipranon
วันเดือนปีเกิด	15 มิถุนายน 2524
ภูมิลำเนาเกิด	485/9 ถ.ราชปรารภ แขวงมักกะสัน เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
ที่อยู่ปัจจุบัน	35/45 ม.ปริญญดา สามัคคี ถ.สามัคคี ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง นนทบุรี 11000
คุณวุฒิปริญญาตรี	ปี 2539 – 2543 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) เกียรตินิยมอันดับ 2 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณวุฒิปริญญาโท	ปี 2545 – 2546 Master of Engineering Science (Computer and Communications Engineering) Thesis title: Computational Intelligence for Robot Soccer in the KheperaSot League GPAX 7.00 from 7.00 scale Queensland University of Technology Brisbane Australia
คุณวุฒิปริญญาเอก	ปี 2547 – 2552 Doctor of Philosophy (Information Technology) Thesis title: Robot Navigation in Sensor Space Queensland University of Technology Brisbane Australia
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ห้องพักอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ชั้น 4 อาคาร 9

DPU

110/1-4 ถ.ประชาชื่น แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่
กรุงเทพมหานคร 10210

E-mail address narongdech.ken@dpu.ac.th

ประวัติการได้รับทุนการศึกษาและการวิจัย

1. ทุนโครงการวิจัยหัวข้อหุ่นยนต์ทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศระหว่างปี 2554 – 2555 จาก บริษัท รีเทลลิงค์ (ไทยแลนด์) จำกัด
2. ทุนโครงการวิจัยหัวข้อหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำในถังพักน้ำประปาขนาดใหญ่ระหว่างปี 2554 – 2555 จากการประปานครหลวง
3. ทุนโครงการวิจัยหัวข้อการปรับปรุงหุ่นยนต์ สำหรับการประชาสัมพันธ์ ประจำปี 2554 จาก บริษัท เค พี เอ็ม จี จำกัด
4. ทุนโครงการวิจัยหัวข้อแขนกล สำหรับเครื่องตัด ปอกสายไฟอัตโนมัติระหว่างปี 2553 – 2554 จากบริษัท เอ็ม ไอ เอส จำกัด
5. ทุนส่งเสริมการวิจัยหัวข้อรถขับเคลื่อนอัตโนมัติไร้คนขับระหว่างปี 2552 – 2554 จาก มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
6. ทุนการศึกษาต่อระดับปริญญาเอกระหว่างปี 2547 - 2551 ที่ Queensland University of Technology, Australia จากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์และทุน International Post-Graduate Research Scholarship (IPRS) จากรัฐบาลออสเตรเลีย
7. ทุนการศึกษาต่อระดับปริญญาโทระหว่างปี 2545 - 2546 ที่ Queensland University of Technology, Australia จากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

DPU

ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. **ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์** นายอาทิตย์ คงธนญาดา นายธีรเทพ พวงภักดี และนายเมธี ศศิธรธาดา,ระบบตรวจจับอาการง่วงนอนจากสายตาโดยใช้การประมวลผลภาพ, The 8th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering, May 11-13, 2011, Thailand.
2. นายสายฝน โคตรโสภา และ **ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์**, ระบบรถเข็นอัจฉริยะ สำหรับช่วยเหลือผู้พิการและผู้สูงอายุ วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มกราคม 2554

3. Frederic Maire, Joaquin Sitte, and **Narongdech Keeratipranon**. Desktop robot soccer. In Pedro Lima, editor, Robotic Soccer, pages 193–202. Itech Education and Publishing, Vienna, Austria, 2007.
4. Henry Huang, Frederic Maire, and **Narongdech Keeratipranon**. Bearing-only SLAM with indistinguishable landmarks. In Australasian Conference on Robotics and Automation, Brisbane, Australia, 2007.
5. Henry Huang, Frederic Maire, and **Narongdech Keeratipranon**. An improved probability density function for representing landmark positions in bearing-only SLAM systems. In 20th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence, Gold Coast, Queensland, Australia, 2007.
6. **Narongdech Keeratipranon**, Frederic Maire, and Henry Huang. Reflex navigation in sensor space. In Ulrich Ruckert, Joaquin Sitte, and Ulf Witkowski, editors, Autonomous Minirobots for Research and Edutainment, pages 3–10, Buenos Aires, Argentina, 2007.
7. Henry Huang, Frederic Maire, and **Narongdech Keeratipranon**. Bearing-only simultaneous localization and mapping for vision-based mobile robots. In Goro Obinata and Ashish Dutta, editors, Vision Systems Applications, pages 335–360. I-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria, 2007.
8. **Narongdech Keeratipranon**, Frederic Maire, and Henry Huang. Manifold learning for robot navigation. International Journal of Neural Systems, 16(5):383–392, 2006.
9. Henry Huang, Frederic Maire, and **Narongdech Keeratipranon**. Uncertainty analysis of a landmark initialization method for simultaneous localization and mapping. In Australasian Conference on Robotics and Automation, Sydney, Australia, 2005.
10. Henry Huang, Frederic Maire, and **Narongdech Keeratipranon**. A direct localization method using only the bearing extracted from two panoramic views along a linear trajectory. In Autonomous Minirobots for Research and Edutainment, pages 201–206, Fukui, Japan, 2005. Springer.
11. **Narongdech Keeratipranon**, Frederic Maire, and Joaquin Sitte. Robot soccer KheperaSot league: Challenges and future direction. In Autonomous Minirobots for Research and Edutainment, pages 141–146, Fukui, Japan, 2005. Springer.
12. **Narongdech Keeratipranon** and Frederic Maire. Bearing similarity measures for self-organizing feature maps. InMarcus Gallagher, James Hogan, and Frederic Maire, editors,

DPU

Intelligent Data Engineering and Automated Learning, pages 286–293, Brisbane, Australia, 2005. Springer.

13. **Narongdech Keeratipranon**, *A Feed Forward Neural Network for Classifying Information from Landsat Multi-Spectral Scanner Imagery*, Sudhi Paritad Journal, October 2002

DPU