



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การสร้างและทดสอบรถอัจฉริยะไร้คนขับ
(Build and Test of an Intelligent Vehicle)

โดย

ร้อยตรี ตรัรัตน์ เมตต์การุณจิต

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2551

ชื่อเรื่อง : การสร้างและทดสอบรถอัจฉริยะไร้คนขับ

ผู้วิจัย : ร้อยตรี ตรีรัตน์ เมตต์การุณจิต

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2553

แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

: ศูนย์วิจัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

คำสำคัญ

: รถอัจฉริยะไร้คนขับ ,การประมวลผลภาพ, ระบบการนำทาง

สถาบัน : สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สถานที่พิมพ์ : สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

จำนวนหน้างานวิจัย : 73 หน้า

ลิขสิทธิ์ : สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยรถอัจฉริยะไร้คนขับนี้ เป็นการออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการควบคุมรถให้วิ่งบนถนนแบบไร้คนขับ โดยรถในงานวิจัยนี้จะมีส่วนประกอบทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ในหลายด้าน คือ ระบบหาขอบเขตของถนน ระบบนำทาง ระบบควบคุมความเร็วและกำลังของมอเตอร์ และระบบเบรกฉุกเฉิน โดยระบบหาขอบเขตของถนนจะใช้ web camera เพื่อนำข้อมูลภาพด้านหน้ารถมาประมวลผลภาพด้วยวิธี flood fill เพื่อหาเฉพาะพื้นผิวถนน ส่วนระบบนำทางจะใช้ GPS เพื่อระบุตำแหน่งรถ ให้เคลื่อนที่ไปตาม way point ในเส้นทางที่กำหนด โดยรถที่ใช้ในการทดสอบเป็นรถโกคาร์ท ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับสั่งงานควบคุมรถ ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อไปควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน และมอเตอร์บังคับเลี้ยว นอกจากนี้รถอัจฉริยะต้นแบบที่สร้างขึ้นถูกนำไปทดสอบในการแข่งขัน รถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย 2009 โดยผลการแข่งขันในรอบคัดเลือก รถสามารถวิ่งไปบนถนนที่มีความกว้าง 12 เมตร ได้ในระยะทาง 36.84 เมตร ด้วยความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

Title : Build and Test of an Intelligent Vehicle

Researcher : 2Lt. Triratana Metkarunchit Institution : Thai –Nichi Institute of Technology

Year of publication : B.D.2553

Publisher : Thai –Nichi Institute of Technology

Sources

No. of page : 73 page

: Researcher centre Thai –Nichi Institute of Technology

Keyword

Copy right : Thai –Nichi Institute of Technology

: intelligent vehicle, image processing, navigation system

Abstract

The intelligent vehicle is designed to study the possibility to control the vehicle to move on road without driver. This research consists of software and hardware such as searching drivable area system, navigator system, speed control, motor power system and automatic brake system. Searching the drivable area is using web camera take picture data in front of car to image processing the result by flood fill way to find only road's surface. Navigation system use GPS for specify car's position to move on way point follow the fix line. Go kart used to test is powered by motor and laptop which control by interface to micro controller to control drive motor and turn motor. Furthermore, the intelligent car model was taken to test in Thailand intelligent vehicle challenge 2009. The result in qualifier round, the car can move on road which wide 12 meter on distance 36.84 meter and speed 8 km/hr.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 พังตารางเวลาดำเนินการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1Stanford’s Robotic Vehicle “Junior:” Interim Report	5
2.1.2 โครงการศึกษาการพัฒนาารถอัจฉริยะ	6
2.1.3 การค้นหาสิ่งกีดขวางบนถนนแบบทันทีโดยใช้ระบบกล้องคู่	7
2.1.4 งานวิจัยอื่นๆ	7
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.2.1 ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วย Laser Range-Finder	8
2.2.2. Stereo visions	10
2.2.3. GPS-Global Positioning System	12
2.2.4 การควบคุมแบบฟัซซี่	16
2.2.5 การประมวลผลภาพด้วยวิธี Edge Detection	18
2.2.6 การประมวลผลภาพด้วยวิธี Flood fill	23
บทที่ 3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	26
3.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ติดตั้งบนรถอัจฉริยะ	26
3.1.1 รถที่ใช้ทดสอบ	26
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของรถอัจฉริยะ	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ซอฟต์แวร์ควบคุม	37
3.2.1 โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์	37
3.2.2 โปรแกรมหลักบนคอมพิวเตอร์	46
บทที่ 4 การทดสอบการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ	48
4.1 การประมวลผลภาพ	48
4.1.1 ความเร็วในการประมวลผลแบบเวลาจริง	48
4.1.2 สภาวะแวดล้อมกำหนดไม่ได้	49
4.1.3 การปรับค่า flood fill	50
4.1.4 การควบคุมทิศทางของรถ	52
4.2 อุปกรณ์บอกตำแหน่งบนพื้นโลก	53
4.2.1 การตั้งค่า GPS เบื้องต้น	53
4.2.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของ GPS	54
4.2.3 วิธีการนำทางโดยใช้ การนำพิกัดของ GPS	57
4.3 การแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	61
5.1 สรุปผลการวัดและทดสอบ	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	64

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ฟังตารางเวลาการดำเนินโครงการวิจัย

หน้า

4



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 รถอัตโนมัติที่พัฒนาโดย Stanford University ร่วมกับบริษัท Volkswagen	2
รูปที่ 2.1 รถอัจฉริยะทีม Stanford University	5
รูปที่ 2.2 กล้องวิดีโอและอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ ของรถ Stanley	6
รูปที่ 2.3 การทำงานของอุปกรณ์วัดระยะด้วยแสงเลเซอร์	9
รูปที่ 2.4 ระบบ Stereo imaging อย่างง่าย	11
รูปที่ 2.5 ตรวจจับแท่งจริง และตรวจจับพีชชี	16
รูปที่ 2.6 ความไม่แน่นอน (uncertainty)	17
รูปที่ 2.7 ภาพที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล	20
รูปที่ 2.7 Seed Point	24
รูปที่ 2.8 การระบายสีแบบ 4 จุดรอบ	24
รูปที่ 2.9 การระบายสีแบบ 8 จุดรอบ	24
รูปที่ 3.1 รถโกคาร์ทที่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ในส่วนต่าง ๆ เพื่อการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ	27
รูปที่ 3.2 หลักการควบคุม Servo Motor	27
รูปที่ 3.3 มอเตอร์และการควบคุมการบังคับเลี้ยวของรถ	28
รูปที่ 3.4 ระบบนิวมตริกซ์ที่ใช้ในการหยุดรถฉุกเฉิน	29
รูปที่ 3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550	30
รูปที่ 3.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ETT	31
รูปที่ 3.7 หัวแปลงสัญญาณจากสาย SERIAL RS232 เป็น USB	31
รูปที่ 3.8 ชนิดของช่องเสียบสาย Serial RS232 ตัวเมีย	32
รูปที่ 3.9 Web cam ยี่ห้อ Logitech รุ่น pro 9000	33
รูปที่ 3.10 บอร์ดควบคุมการรับสัญญาณ GPS	34
รูปที่ 3.11 ตัวรับสัญญาณ GPS (GPS Antenna)	34
รูปที่ 3.12 Computer Notebook ที่ใช้ในงานวิจัย	35
รูปที่ 3.13 Encoder ใช้ในการวัดระยะทาง	35
รูปที่ 3.14 Encoder ใช้ในการวัดองศาที่ล้อถูกติดตั้งในส่วนท้ายของมอเตอร์	36
ควบคุมการบังคับเลี้ยว	

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย	37
รูปที่ 3.17 โปรแกรม MiKro C compiler for PIC	38
รูปที่ 3.18 โปรแกรม PICkit 2 version 2.4	39
รูปที่ 3.19 main function มีหน้าที่ควบคุมความเร็วในการสื่อสารข้อมูล กับคอมพิวเตอร์และควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงานแต่ละ function	40
รูปที่ 3.20 Function 1 : ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้ ทราบเส้นทางที่รถจะต้องวิ่งว่าไปในทิศทางใด	40
รูปที่ 3.21 Function 2 : ทำหน้าที่รับค่าองศาของล้อและระยะทางที่รถกำลัง ทำงานเพื่อให้ทราบข้อมูลของรถขณะวิ่ง.	40
รูปที่ 3.22 Function 3 : ทำหน้าที่ประมวลผลทิศทางและความเร็วที่รถและบังคับ ทิศทางในการเคลื่อนที่	41
รูปที่ 3.23 Function 4 : มีหน้าที่ในการนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของ Function 2 มาทำการสั่งงาน motor ให้รถเคลื่อนที่	41
รูปที่ 3.24 Function 5 : ทำหน้าที่รับสัญญาณ Encoder องศาล้อ และ Encoder ระยะทาง มาทำการบันทึกไว้เพื่อเตรียมส่งต่อไปไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1 โดยการวัดค่าสัญญาณที่ส่งออกมาจาก Encoder องศาล้อ และ Encoder ระยะทาง ใช้ชุดคำสั่งเดียวกัน แตกต่างกันที่ชุดคำสั่งในการแปลงค่าตัวเลขที่ได้จาก Encoder เป็นค่าที่เราต้องการ	42
รูปที่ 3.25 Function 6 : ทำหน้าที่แปลงค่าตัวเลขจำนวน pulse ที่นับได้ เป็นค่าที่เราต้องการ เช่นองศาล้อ และระยะทาง เป็นต้น แล้วทำการส่งที่ที่แปลงแล้วไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1 เพื่อประมวลผลต่อไป โดยการรับค่า Encoder มาเป็น องศาจากการวัดค่าพบว่า เลขจำนวน pulse ที่นับได้จาก Encoder ทุกๆ 100pulse จะทำให้มุมของล้อเปลี่ยนไปประมาณ 1 องศาพอดี และองศาเลี้ยว มากที่สุดของรถคือ +/- 30องศา หรือคิดเป็น +/- 3000pulse	43

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.26 Codeโปรแกรม interrupt เพื่อทำการบันทึกค่าของข้อมูล Encoder	44
เนื่องจากการทำงานของ Encoder จะมีค่า pulse ที่สูงมากซึ่งถ้าไม่ใช้หลักการของ interrupt ค่าที่รับได้จะไม่เที่ยงตรงเนื่องจากจะสูญเสียการนับขณะที่กำลังส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1	
รูปที่ 3.27 โปรแกรม U-Center	45
รูปที่ 4.1 การประมวลผลผิดพลาดที่เกิดจากสภาพถนน	49
รูปที่ 4.2 การประมวลผลผิดพลาดที่เกิดจากสภาพถนน	49
รูปที่ 4.3 ช่วงเวลาในการประมวลผลภาพ	50
รูปที่ 4.4 ตั้งค่า Tolerance = 20	51
รูปที่ 4.5 ตั้งค่า Tolerance = 40	51
รูปที่ 4.6 ตั้งค่า Tolerance = 50	52
รูปที่ 4.7 การคำนวณทิศทางรถเคลื่อนที่ของรถ	52
รูปที่ 4.8 การตั้งค่าการส่งชุดข้อมูลของGPS	53
รูปที่ 4.9 การสะท้อนของสัญญาณกับสิ่งปลูกสร้าง	54
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่วัดได้ขณะทำการวัดบนดาดฟ้าของอาคาร	55
รูปที่ 4.11 สัญญาณที่วัดได้ขณะทำการวัดจากด้านข้างของอาคาร	56
รูปที่ 4.12 ตำแหน่งที่ตั้ง way point ของสนามแข่งขัน	57

บทที่ 1

บทนำ

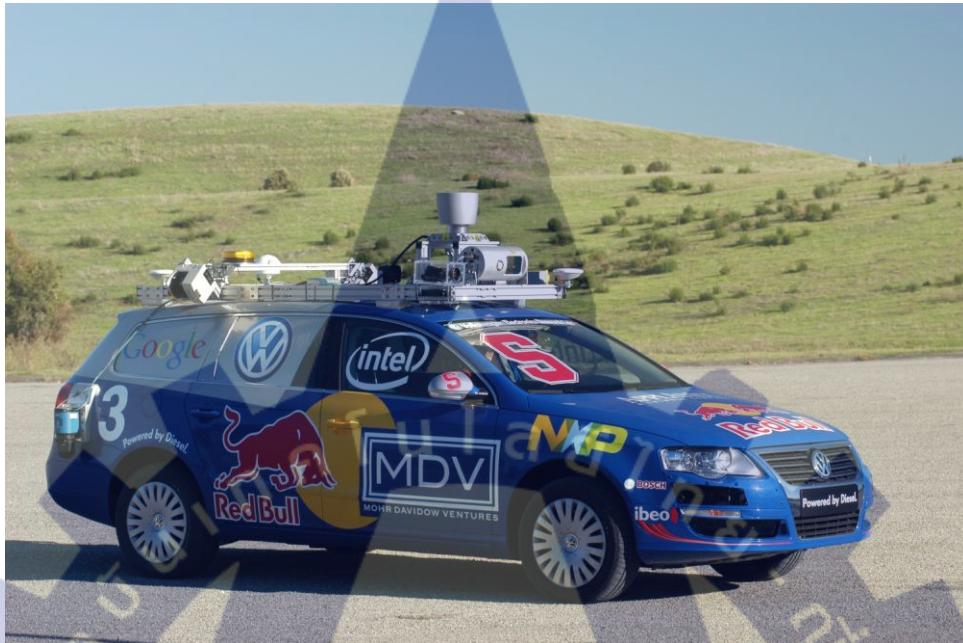
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยานพาหนะถือเป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้ของคนในปัจจุบันไปแล้ว โดยปัจจุบันยานพาหนะหลากหลายประเภทที่ถูกนำมาใช้ เช่น รถ เรือ และเครื่องบิน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความสะดวกหลาย ๆ ประการรวมทั้งถนนหนทางที่ได้รับการสร้างอย่างต่อเนื่อง ทำให้รถได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากปริมาณรถที่เพิ่มขึ้น ทำให้อุบัติเหตุบนท้องถนนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จากสถิติของศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน โดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พบว่า ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุทางถนนประจำปี ๒๕๕๒ เกิดอุบัติเหตุ 84,806 ครั้ง ผู้เสียชีวิต 10,796 คน ผู้บาดเจ็บ 61,966 คน มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจประมาณ 3,815.52 ล้านบาท [1] จากข้อมูลข้างต้น เห็นได้ว่าอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากผู้ขับขี่รถเป็นสิ่งที่ต้องได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วน

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคือการพัฒนากระบวนการขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติอย่างปลอดภัย และเป็นเวลานานแล้วที่นักวิจัยได้พยายามสร้างยานพาหนะที่เคลื่อนที่ได้เอง แบบอัตโนมัติไร้คนขับ ไม่ว่าจะเป็นการให้รถขับตามคันหน้าขบวน หรือให้รถวิ่งไปตามถนนที่ฝั่งแม่เหล็กไว้ และเมื่อหน่วยงานทางทหารของสหรัฐอเมริกาได้จัดการแข่งขัน DARPA Grand Challenge 2004 เป็นครั้งแรก เพื่อให้บุคคลและองค์กร ที่สนใจ พัฒนารถยนต์ที่วิ่งเองผ่านทะเลทรายไปให้ได้ การแข่งขันในครั้งแรก ไม่มีรถทีมใดเลยที่เคลื่อนที่ได้ไกลกว่า 7 ไมล์ และหลังจากนั้น 3 ปี ในการแข่งขัน DARPA Grand Challenge 2007 ที่แต่ละทีมจะต้องให้รถวิ่งอย่างอัตโนมัติไปบนถนนที่มีสภาวะแวดล้อมที่เหมือนจริงกับการขับรถในชีวิตประจำวัน ทีมที่ได้ที่ 1 คือ Tartan Racing Carnegie Mellon University ที่ 2 คือ Stanford Racing, Stanford University [2] ในการแข่งขันครั้งนี้ นอกจากรถอัจฉริยะจะต้องขับผ่านทะเลทราย แต่จะต้องขับผ่านในสภาพแวดล้อมในเมือง มีถนนหนทาง เส้นแบ่งถนน รถที่สัญจรไปมา และสัญญาณไฟจราจร แม้กระทั่งคนเดินเท้า และการจอดรถ

ในประเทศไทยได้มีการร่วมกันพัฒนารถอัจฉริยะ ซึ่งเป็นผลงานชิ้นแนวหน้าของหลายสถาบันมาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว และด้วยความประจักษ์ถึงความสามารถของเยาวชนไทย สมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย จึงร่วมกับ สมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และบริษัทซีเทค (ประเทศไทย) จัดการแข่งขันพัฒนารถอัจฉริยะเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2550 โดยผู้ชนะเลิศคือ Jack-O-Lantern จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สามารถวิ่งไปในเส้นทางที่กำหนด ในสนาม Bangkok Racing Circuit ได้ระยะทาง 1,660 เมตร ใช้เวลา 7 นาที [3] สามารถหลบสิ่งกีดขวาง และ

วิ่งผ่านป่าเขาจริงได้อย่างถูกต้อง และในปี พ.ศ. 2552 การแข่งขันรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย 2009 โดยการแข่งขันแบ่งเป็น 3 รอบ ได้แก่



รูปที่ 1.1 รถอัตโนมัติที่พัฒนาโดย Stanford University ร่วมกับบริษัท Volkswagen

- รอบแรกจาก conceptual design และทุกทีมได้ผ่านการคัดเลือกให้เข้าแข่งขันในรอบต่อไป จะได้รับ การสนับสนุน mobile hard disk จากบริษัทซีเกท ซึ่งเป็น hard disk ที่ผลิตขึ้นใช้ในรถยนต์
- รอบที่สอง ทำการแข่งขัน วันที่ 29 พฤษภาคม 2552 โดยผู้เข้าแข่งขัน จะต้องให้รถวิ่งไปบน สนามแข่ง Bangkok Racing Circuit โดยมีสิ่งกีดขวาง รอบสนาม ระยะทาง ประมาณ 2.4 กิโลเมตร ในเส้นทางที่กำหนดไว้ ในเวลาไม่เกิน 20 นาที
- รอบที่สาม ทำการแข่งขัน วันที่ 29 กรกฎาคม 2552 ผู้เข้าแข่งขันจะต้องพัฒนารถไร้คนขับ ให้วิ่งไปบนเส้นทางที่กำหนดให้ โดยที่เส้นทางจะถูกกำหนดให้ในลักษณะของตำแหน่งต่าง ๆ ที่รถ จะต้องวิ่งผ่านตามลำดับ วิ่งวนไปเรื่อย ๆ จนหมดเวลาหรือจนได้ผู้ชนะจากการวัดระยะทางหรือการ กำลังถูกแซง บนเส้นทางจะมีสิ่งกีดขวางติดตั้งอย่างสุ่ม ในรอบชิงชนะเลิศคณะกรรมการสนามจะทำการปล่อยรถอัจฉริยะครั้งละ 2 คันพร้อมกัน โดยจุดที่ปล่อยจะห่างกันครึ่งหนึ่งของระยะทาง เส้นทางการแข่งขัน ทีมที่ถูกตามหลังด้วยระยะห่างสั้นกว่า 100 เมตรจะถือว่ากำลังถูกแซง จะแพ้ในการแข่งขันต่อทีมที่กำลังจะแซงทันที ในกรณีที่ไม่มีการแข่งขันแบบมีการแซงกันเกิดขึ้นการตัดสินทีมที่ชนะ จะพิจารณาจากทีมที่วิ่งได้ระยะทางรวมไกลที่สุด ระยะทางรวมเป็นระยะทางที่รถวิ่งจริง

รวมกับระยะทางโบนัสอันเนื่องมาจากการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การจับคู่แบ่งสายการแข่งขันในรอบชิงชนะเลิศจะเป็นการจับทีมที่ทำคะแนนในรอบคัดเลือกได้ดีที่สุดพบกับทีมที่ทำคะแนนในรอบคัดเลือกได้แย่ที่สุดไปเรื่อย ๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและทดสอบรถที่สามารถขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติส่งเข้าแข่งขัน ในการแข่งขัน สร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์แห่งประเทศไทย 2009
2. เพื่อให้สนับสนุนให้นักศึกษานำความรู้ทางทางด้านวิชาการมาสร้างผลงาน เข้าประกวด แข่งขัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

รถอัจฉริยะไร้คนขับที่สร้างขึ้น ใช้สำหรับการทดสอบหาวิธีการนำทางและควบคุมที่ทำให้รถสามารถขับเคลื่อนได้อัตโนมัติ ไปตามเส้นทางที่กำหนดบนถนนที่มีความกว้าง มากกว่า 10 เมตร โดยไม่มียานพาหนะอื่น ๆ เคลื่อนที่บนถนน

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีในด้าน การประมวลผลภาพ GPS สมองกล้องตัว อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ เซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ กลไกที่ใช้ควบคุมรถการบังคับเลี้ยว ระบบขับเคลื่อนที่ใช้เครื่องยนต์ และระบบขับเคลื่อนที่ใช้ไฟฟ้า ระบบเบรกฉุกเฉิน รวมถึง การใช้กลยุทธ์ ในการแข่งขัน
2. ออกแบบรถอัจฉริยะ โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือ ซอร์ฟแวร์ ที่ใช้ในการประมวลผลภาพและข้อมูลจาก GPS และการวางแผนการควบคุมรถ ส่วนที่สองคือ ส่วนระบบควบคุม มอเตอร์ ที่รับคำสั่งมาจากคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สามคือ ส่วนกลไก ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว และเบรกฉุกเฉิน
3. ดำเนินการสร้างและทดสอบระบบต่าง ๆ และนำมาประกอบรวมกันในรถอัจฉริยะ ประกอบด้วย กล้อง webcam เซนเซอร์ คอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ขับเคลื่อน รวมถึงกลไกที่ใช้ในการควบคุมรถ
4. ทดสอบการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติของรถ และปรับแก้ ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของซอร์ฟแวร์ ที่ใช้ในการควบคุม ทั้งคอมพิวเตอร์ และในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมถึง ปรับแก้ ระบบและกลไกที่ใช้ในการควบคุมรถให้มีความน่าเชื่อถือได้
5. นำรถที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับสนามแข่งขันจริง และปรับแก้ทั้งส่วนของซอร์ฟแวร์และฮาร์ดแวร์ และนำรถเข้าแข่งขัน

1.5 ผังตารางเวลาดำเนินการวิจัย

ตาราง 1.1 ผังตารางเวลาการดำเนินโครงการวิจัย

งาน	เดือน							
	ธ.ค. 51	ม.ค. 52	ก.พ. 52	มี.ค.52	เมษ.52	พ.ค.52	มิ.ย.52	ก.ค.52
1) วางแผนหัวข้อย่อย และแบ่งกลุ่มนักศึกษาในการทำงาน	→							
2) จัดอบรมวิชาการด้านต่าง ๆ กับนักศึกษา	→	→						
3) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ สำหรับการสร้างรถ	→	→						
4) ออกแบบรถอัจฉริยะ และส่งรายงานการออกแบบให้คณะกรรมการแข่งขัน	→	→						
5) ดำเนินการสร้างส่วนประกอบทางด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์					→			
6) ทดสอบและปรับแต่งรถอัจฉริยะและนำรถอัจฉริยะเข้าประกวดแข่งขันรอบคัดเลือก						→		
8) ปรับปรุงและเสริมระบบรู้จำให้กับรถและนำรถอัจฉริยะเข้าประกวดแข่งขันรอบชิงชนะเลิศ							→	→
9) เขียนรายงานวิจัย								→

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รถอัตโนมัติต้นแบบสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้มีความเร็ว และประสิทธิภาพที่สูงขึ้นได้
2. ทำให้นักศึกษาได้รับความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการสร้างสรรค์ผลงานสิ่งประดิษฐ์
3. ซอฟต์แวร์ด้านประมวลผลภาพ การอินเทอร์เน็ตเฟส กับเซนเซอร์ และองค์ความรู้ด้านระบบนำทางและควบคุม สามารถนำไปประยุกต์กับโครงการอื่น ๆ ในด้านต่าง ๆ ได้

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Stanford's Robotic Vehicle "Junior:" Interim Report [4]

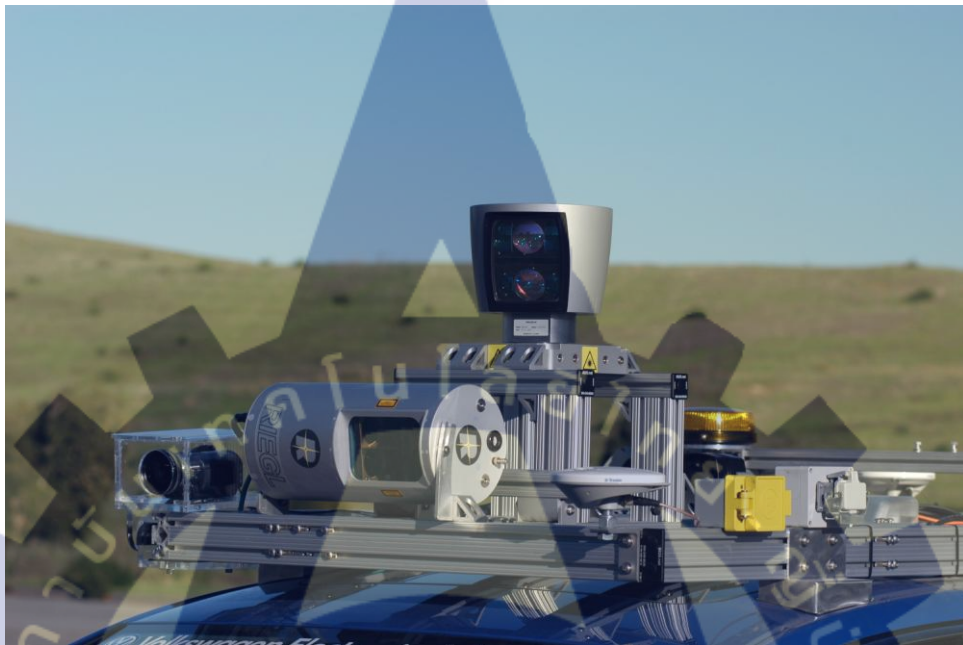
Stanley เป็นรถอัตโนมัติที่พัฒนาโดย Stanford University ร่วมกับบริษัท Volkswagen of America, Mohr Davidow Ventures และ Inter Research โดยบริษัท Volkswagen เป็นผู้ผลิตรถยนต์ ซึ่งสามารถขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าทั้งคัน และ Stanford University เป็นผู้พัฒนาด้านระบบ ปัญญาประดิษฐ์เพื่อขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 รถอัจฉริยะทีม Stanford University

Stanley ระบุขอบเขตถนนโดยใช้อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ 5 ตัว, อุปกรณ์ตรวจวัดด้วยอัลตราโซนิก ร่วมกับกล้องวิดีโอแบบสามสี 1 ตัว และข้อมูลจากระบบนำทางแบบ GPS เพื่อเป็นข้อมูลในการระบุขอบเขตถนน โดยอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ 5 ตัวจะหาพื้นที่ที่ราบเรียบใน

ระยะใกล้กับตัวรถยนต์อย่างละเอียดโดยใช้วิธีแบบ probabilistic ในขอบเขตของเส้นทางจากระบบนำทาง และนำข้อมูลพื้นที่ราบเรียบที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูลจากกล้องวิดีโอ และหาเส้นทางถนนในระยะไกล โดยใช้เทคนิค Adaptive vision คือค้นหาพื้นที่ที่มีสีคล้ายกับพื้นที่ราบเรียบที่ได้



รูปที่ 2.2 กล้องวิดีโอและอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ ของรถ Stanley

3 ในขั้นตอนแรก โดยจะมีปรับสีที่ค้นหว่าเป็นพื้นที่ถนนได้ตามสภาพแวดล้อมถนนในขณะนั้น และในกรณีที่ถนนมีความขรุขระ Stanley มีเครื่องมือวัดการวางตัวของรถยนต์ด้วยอุปกรณ์ inertial measurement unit (IMU) ซึ่งจะสามารถทำให้ Stanley ทราบว่าตอนนี้รถยนต์อยู่ในพื้นที่ขรุขระและมีการวางตัวอย่างไร ทำให้ทราบได้ว่า ค่าจากอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์และอุปกรณ์วัดอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในขณะที่รถผ่านพื้นที่ขรุขระ และแก้ไขได้ถูกต้อง

2.1.2 โครงการศึกษาการพัฒนาารถอัจฉริยะ [5]

ในประเทศไทยได้มีความพยายามศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดรายละเอียดการพัฒนาารถอัจฉริยะ ที่สามารถขับเคลื่อนได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งทำการวิจัยโดยสมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย โครงการนี้เป็นโครงการร่วมระหว่างหลายมหาวิทยาลัย โดยแต่ละมหาวิทยาลัยจะวิจัยและพัฒนาแต่ละส่วนของระบบารถอัจฉริยะ โดยแบ่งการวิจัยเป็นหลายส่วน ทั้งส่วนสร้างรถยนต์ที่สามารถ

ขับเคลื่อนได้ด้วยไฟฟ้า และระบบกันสั่นสะเทือน รวมไปถึงระบบส่วนไฟฟ้าต่าง ๆ บนรถยนต์ และส่วนปัญญาประดิษฐ์เพื่อขับเคลื่อนรถยนต์อย่างอัตโนมัติ โดยมีรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ และแนวทางการวิจัยในแต่ละส่วนของระบบรถยนต์ แต่ยังไม่มีการสร้างรถยนต์อัจฉริยะขึ้นจริง โดยโครงการศึกษาการพัฒนาารถอัจฉริยะนี้มีส่วนที่เกี่ยวกับการระบุขอบเขตถนน ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบกล้องคู่ (Stereo visions) และส่วนระบบการหลบหลีกและแยกแยะ ด้วยอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์และตัวตรวจวัดด้วยอัลตราโซนิก

ในงานวิจัยได้แยกส่วนการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบสัญญาณภาพเพื่อตรวจจับถนนและสิ่งกีดขวาง, ระบบนำทาง และระบบหลบหลีกและแยกแยะ ออกจากกัน โดยมีรายงานการศึกษาว่าระบบสัญญาณภาพนั้นจะใช้สัญญาณจากกล้องเดี่ยวก่อน แล้วจึงพัฒนาระบบกล้องคู่ตามมา ระบบนำทางใช้สัญญาณ GPS และแผนที่ และระบบหลบหลีกและแยกแยะ ใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์และตัวตรวจวัดด้วยอัลตราโซนิก โดยนำข้อมูลเข้าสู่วงจรตรรกะแบบ fuzzy ผลออกมาเป็นคำสั่งสำหรับการวิ่งของรถยนต์

2.1.3 การค้นหาสิ่งกีดขวางบนถนนแบบทันทีที่ใช้ระบบกล้องคู่ [6]

ในการประชุมวิชาการทางระบบหุ่นยนต์และระบบขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ ได้มีผู้เสนอวิธีการใช้กล้องคู่เพื่อช่วยในการหาสิ่งกีดขวาง แต่เนื่องจากการหาโมเดลทั้งหมดของสิ่งกีดขวางนั้นทำให้การประมวลผลช้าไม่ทันการกับระบบอัตโนมัติที่ต้องการความเร็วในการประมวลผลสูง เพื่อแก้ปัญหานี้มีผู้ศึกษาวิจัยการใช้ V-disparity มาใช้ในการแทนโมเดลของสิ่งกีดขวางซึ่งใช้ได้กับการใช้แทนโมเดลของถนน การใช้ V-disparity นี้ทำให้การประมวลผลเพื่อหาสิ่งกีดขวางในถนนนั้นรวดเร็วขึ้นมาก อีกทั้งมีความแม่นยำพอในการที่จะนำมาใช้ในระบบขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ

2.1.4 งานวิจัยอื่นๆ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งในการระบุขอบเขตถนน เช่น การทำ Color Classification ของ Stanley [7] โดยการใช้ Learning จากพื้นที่ที่ตรวจสอบได้ว่าเป็นถนนจากอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ โดยการสร้าง Model ของพื้นที่นั้นด้วย RGB ในพื้นที่นั้น โดยแบ่งออกเป็น k สี แล้วนำ model ที่สร้างขึ้นไปใช้ในการแบ่งแยกสีในพื้นที่อื่นต่อไป งานวิจัยทางด้าน vision ดังเช่น OpenCV ก็ได้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง รวมถึงการระบุขอบเขตถนนด้วย เช่น

การทำ edge detection เพื่อหาเส้นขอบเขตถนน เป็นต้น งานวิจัยทางด้าน Stereo vision ก็ได้ถูกนำมาใช้ในการทดลองใช้เพื่อระบุขอบเขตถนน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วทีมหลักๆ ที่แข่งขัน DARPA Grandchallenge จะไม่ใช้งานทางด้าน Stereo vision ยกเว้นทีม Terramax ซึ่งเน้นการใช้ stereo vision เป็นหลัก และใช้หลักการของแผนที่ความสูง เป็นส่วนกลางสำหรับรวมข้อมูลระหว่าง Stereo vision กับ ข้อมูลจากอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์[8] อีกทั้งด้านงานทางด้านการ Calibrate ตำแหน่งของกล้องกับอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีในการใช้ข้อมูลจากทั้งสองอุปกรณ์ โดยใช้แผนที่ตารางหมากกรุกแล้วหาค่าตำแหน่งของอุปกรณ์เลเซอร์เทียบกับกล้อง รวมถึงหาค่าพารามิเตอร์ของกล้องไปพร้อมกัน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการระบุขอบเขตถนนจำเป็นจะต้องเข้าใจหลักการในการหาพื้นที่ราบเรียบที่รถยนต์สามารถวิ่งเข้าไปได้ รวมถึงไม่มีสิ่งกีดขวาง เช่น รถยนต์คันอื่น และสิ่งแหว่งลุ่ม โดยใช้อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ ประกอบกับระบบกล้องคู่ อีกทั้งข้อมูลทางด้านแผนที่และตำแหน่งของรถยนต์จากอุปกรณ์ GPS จะช่วยในการระบุขอบเขตของถนนได้แม่นยำยิ่งขึ้น

2.2.1 ตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วย Laser Range-Finder

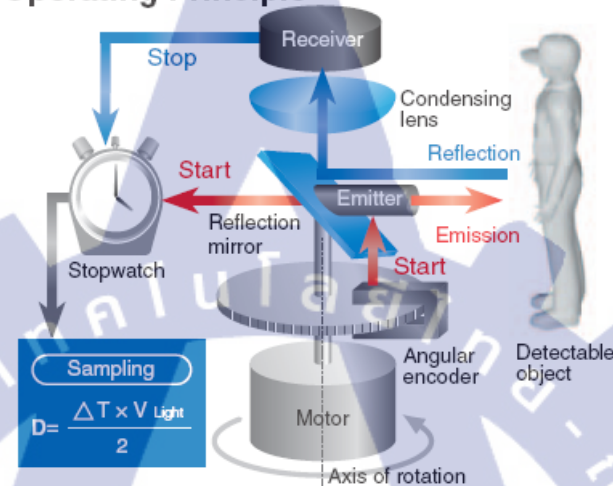
อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ (Laser Range-Finder) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ลำแสงเลเซอร์ในการตรวจวัดระยะทางวัตถุที่มีการสะท้อน โดยหลักการทั่วไปของอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ จะเป็นการตรวจจับเวลาการเคลื่อนที่ของแสงเลเซอร์ โดยเริ่มต้น laser pulse ที่เป็นลำแสงแคบๆ จะถูกส่งไปยังวัตถุที่ต้องการตรวจวัด จากนั้นจึงวัดเวลาที่แสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดไปกระทบวัตถุ และสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์ตรวจวัด และเนื่องจากแสงนั้นมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง เทคนิคนี้จึงไม่เหมาะสมกับการวัดที่ต้องการความแม่นยำสูงในระดับ มิลลิเมตร

การสร้างโมเดล 3 มิติ

เนื่องจากว่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ นั้นเป็นข้อมูล 2 มิติ แสดงระยะทางระหว่างวัตถุกับอุปกรณ์ในแนวระนาบ ค โดยการทำงานของอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ จะส่งสัญญาณไปในทิศทางต่างๆ ในแนวระนาบกับอุปกรณ์โดยการหมุนแผ่นกระจกที่ติดไว้

เพื่อให้แสงเลเซอร์สะท้อนไปยังทิศทางต่างๆ ในขณะเดียวกัน อุปกรณ์ตรวจจับแสงเลเซอร์ ก็จะทำการวัดค่าเวลาที่แสงใช้ในการเดินทางไปกลับในแต่ละรอบจากนั้นจึงนำมาคำนวณเป็นระยะทางระหว่างอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ ถึงวัตถุในแต่ละองศาของการหมุน ดังรูปที่ 2.3

Operating Principle



รูปที่ 2.3 การทำงานของอุปกรณ์วัดระยะด้วยแสงเลเซอร์

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ ส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการวัดระยะได้ระยะทางสูงสุด 80 เมตร มีความละเอียดตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 องศา

สำหรับงานขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ ในสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นข้อมูลของอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ที่มีเพียง 2 มิติไม่เพียงพอ เพราะว่าพื้นถนน ก็จะมีส่วนที่ขรุขระ และขอบถนนที่ไม่สามารถวิ่งได้ โดยทั่วไปแล้วสำหรับงานที่ต้องการใช้สร้างโมเดล 3 มิติ ก็มักจะให้การหมุนอุปกรณ์ ขึ้นลงเพื่อให้ได้แกนครบ 3 แกน แต่วิธีนี้มีความล่าช้า ไม่เหมาะสมสำหรับงานขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ

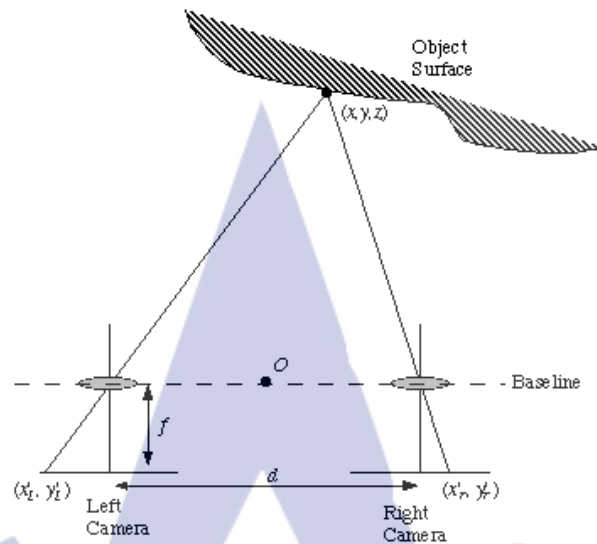
การสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับงานขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัตินี้ จะใช้อัตราการหมุนและการกระจัด เมื่อรถเกิดการเคลื่อนที่ ในการสร้างโมเดล 3 มิติ โดยการกระจัดนั้นวัดได้จากล้อโดยตรงโดยถือว่าล้อไม่มีการไถล อัตราการหมุน วัดได้จากอุปกรณ์ Gyro meter 3 ตัวที่ติดตั้งบนรถสามารถรู้อัตราการหมุนของรถได้ และเมื่อนำอัตราการหมุน มาคูณกับเวลาที่จะได้การหมุนของรถได้แนว Yaw Pitch Roll และ การ translation ได้จากการกระจัดโดยถือว่ารถมีการ translation

ไปทางด้านหน้ารถเสมอ เมื่อรวมกับการ rotation ก็จะได้ matrix การ transformation ของรถ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ มาคูณกับ inverse ของ matrix การ transformation ของรถ ก็จะได้ข้อมูลเทียบกับรถหยุดหนึ่งที่จุดเริ่มต้น และเมื่อนำข้อมูลที่ได้อมารวมกับข้อมูลเก่าก็จะได้โมเดล 3 มิติขึ้นมา

สำหรับโครงการการระบุขอบเขตถนนเพื่อพัฒนาระบบขับเคลื่อนรถยนต์อัตโนมัติ นี้ จะไม่มีอุปกรณ์ Gyro meter บนรถโดยจะถือว่ารถมีการหมุนในแนว Yaw เท่านั้นซึ่งหาได้จากการหักเลี้ยวของล้อรถ

2.2.2. Stereo visions

มนุษย์เรามีดวงตาดำเนินำงใกล้เคียงกันทั้งสองดวงทำให้สามารถมองเห็นภาพในมุมมองที่ใกล้เคียงกันได้ ดวงตาทั้งสองข้างได้รับข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน แต่ไม่เหมือนกันเลยซะทีเดียว ดวงตาแต่ละข้างจะจับภาพในมุมมองที่แต่ละดวงตาเห็น และส่งภาพทั้งสองไปประมวลผลที่สมอง จากนั้นภาพจากดวงตาทั้งสองจะถูกรวมให้เป็นภาพภาพเดียวโดยการจับคู่สิ่งที่มีลักษณะใกล้เคียงกันโดยความแตกต่างเพียงเล็กน้อยเมื่อถูกรวมเป็นภาพสุดท้ายภาพเดียวแล้ว ไม่เพียงแค่นั้นเราได้ภาพจากทั้งสองดวงตา แต่ว่าเรายังได้ Three-dimensional stereo picture อีกด้วย Stereopsis เป็นกระบวนการในระบบการมองเห็นซึ่งสามารถทำให้รู้ถึงความลึกของวัตถุได้ คำว่า Stereopsis มาจากรากศัพท์ภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า solidity และ opsis หมายความว่า การดูหรือการเห็น ซึ่งคำนี้จะหมายถึง ความสามารถในการรับรู้ความตื้นลึกของวัตถุได้ แต่ตั้งแต่ปี 1960 ความหมายได้เปลี่ยนไปเป็นการหมายถึง ความสามารถในการรับรู้ความตื้นลึกของวัตถุด้วย binocular vision ซึ่งจะต้องการดวงตาสองดวง หรือจะเรียกเต็มๆได้ว่า “binocular stereopsis” Stereoscope เป็นเครื่องมือซึ่งทำให้ดวงตาทั้งสองดวงเห็นภาพที่แตกต่างกันซึ่งเมื่อนำมารวมกันโดยสมองแล้ว สมองจะต่าให้เรารู้สึกได้ว่ามีความลึกในภาพได้ ในปี 1950 ได้มีแว่น แดง-เขียว (ใช้ดู stereo movies) ในปี 1970 ได้มีแว่น polarize (ทำให้เห็นภาพสามมิติที่เป็นภาพสีได้) ในปี 1990 ได้มี Magic Eye pictures (autostereograms) ซึ่ง Magic Eye pictures นั้นไม่ต้องการอุปกรณ์ stereoscope เลย แต่เป็นการใช้รูปแบบที่ทำให้ผู้มองสามารถเห็นภาพที่แตกต่างกันจากดวงตาทั้งสองได้ พิจารณาการติดตั้งกล้องสองกล้องแบบ Stereo ดังนี้



รูปที่ 2.4 ระบบ Stereo imaging อย่างง่าย

จากรูป 2.4 แสดงให้เห็นถึง

- กล้องสองกล้องติดตั้งขนานกันในแกนเดียวกัน มีระยะห่างกัน d
- เส้นที่เชื่อมระหว่างศูนย์กลางเลนส์สองเลนส์เรียกว่า baseline
- ให้ baseline ตั้งฉากกับแนวการมองของกล้อง
- ให้ baseline เป็นแกน x ในระบบ coordinate 3 มิติ
- ให้จุด origin O ของระบบอยู่ตรงกลางระหว่างเลนส์สองเลนส์

พิจารณาจุด (x, y, z) ในระบบ coordinate 3 มิติบนวัตถุ

ให้จุดนี้เกิดภาพ coordinate (x'_L, y'_L) และ (x'_r, y'_r) ในรูปทางซ้ายและทางขวาตามลำดับของกล้อง ให้ f เป็นความยาวโฟกัสของทั้งสองกล้องซึ่งก็คือ ระยะทางตั้งฉากระหว่างศูนย์กลางเลนส์ไปถึงระนาบของรูปภาพ ตามสามเหลี่ยมคล้ายจะได้ว่า

$$\frac{x \cdot f_l}{f} = \frac{x + d/2}{z}$$

$$\frac{x \cdot f_r}{f} = \frac{x + d/2}{z}$$

$$\frac{y \cdot f_l}{f} = \frac{y \cdot f_r}{f} = \frac{y}{z}$$

เมื่อแก้สมการจะได้ค่า (x, y, z)

$$x = \frac{d(x \cdot f_l + x \cdot f_r)}{2(xf_l + xf_r)}$$

$$y = \frac{d(y \cdot f_l + y \cdot f_r)}{2(xf_l + xf_r)}$$

$$z = \frac{d \cdot f}{2(xf_l + xf_r)}$$

ปริมาณ $x \cdot f_l - x \cdot f_r$ ที่ปรากฏอยู่ในทั้งสามสมการจะเรียกว่า Disparity สำหรับการติดตั้งระบบแบบนี้ยังมีปัญหาอยู่คือ

- ความแม่นยำของวัตถุที่อยู่ใกล้ จะมีความแม่นยำมาก แต่เมื่อวัตถุอยู่ไกลขึ้น ความแม่นยำจะลดลงไป โดยปรกติแล้วค่า d และ f จะเป็นค่าคงที่ที่จะได้ ระยะทางจะเป็นส่วนกลับกับค่า disparity ซึ่งค่า disparity สามารถวัดได้ในหน่วย disparity เท่านั้น
- ค่า disparity เป็นสัดส่วนกับระยะห่างระหว่าง กล้องสองกล้อง (d) จะได้ว่า ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า disparity เป็นค่าคงที่แล้ว ความแม่นยำของระยะทางจะมากขึ้นเมื่อเพิ่มค่า d

อย่างไรก็ตาม ระยะห่างของกล้องที่มากเกินไปจะมีผลต่อการจับคู่ของภาพสองภาพจาก กล้อง ซึ่งการวัดความลึกของวัตถุนั้นจะต้องใช้จุดสองจุดจากภาพทั้งสองภาพ แต่ถ้ากล้องสองกล้อง มีระยะห่างกันมากเกินไป จะทำให้ภาพมีความแตกต่างกันมาก ทำให้วัตถุที่เหมือนกันที่ปรากฏอยู่ในทั้งสองภาพมีจำนวนน้อยลง ทำให้เกิดความยุ่งยากในการจับคู่จุดที่เหมือนกันในทั้งสองภาพ ซึ่งปัญหานี้เป็นที่รู้จักกันเรียกว่า Stereo correspondence problem

2.2.3. GPS-Global Positioning System

ในการบอกตำแหน่งยานพาหนะที่ถูกต้องแม่นยำจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของ ระบบบอกตำแหน่งยานพาหนะอิต โนมัติ (GPS-Global Positioning System) ระบบบอกตำแหน่ง ยานพาหนะอิต โนมัติสามารถสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ จากการคำนวณหาตำแหน่งของกลุ่ม

ดาวเทียมซึ่งโคจรรอบโลกจำนวน 24 ดวง โดยใช้ดาวเทียมเป็นจุดอ้างอิงในการคำนวณหาตำแหน่งได้อย่างละเอียดและถูกต้อง

ประวัติระบบ GPS

กระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ดำเนินการโครงการ Global Positioning System หรือ “GPS” ขึ้น GPS จะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้อง เพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตร และถ้ารังวัดแบบวิธี “อนุพันธ์” (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงเป็นอันมาก

ระบบดาวเทียม GPS

ลักษณะทั่วไปของระบบ GPS ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ในระบบดาวเทียม GPS จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวงจะใช้ในการบอกค่าพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวง จะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมียังโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ ดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาในการโคจรครบรอบ 12 ชั่วโมง นั่นคือ คาบของการโคจรเป็น 12 ชั่วโมง/รอบ

ภายใน ดาวเทียมติดตั้งนาฬิกาที่เที่ยงตรงมาก ๆ ถึง 3 nanoseconds (ความเที่ยงตรง 0.000000003 ของวินาที หรือ 3×10^{-9}) ความเที่ยงตรงมีความสำคัญมากสำหรับเครื่องรับ เพราะเครื่องรับจำเป็นต้องทราบเวลาที่เที่ยงตรงแน่นอนว่าระยะเวลาเท่าไรที่สัญญาณคลื่นจากดาวเทียมเดินทางมาถึงเครื่องรับ

ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถที่จะปรับแต่งดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องในวงโคจร ถ้าดาวเทียมเกิดเคลื่อนออกจากตำแหน่งที่กำหนด

ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่ คือ ความถี่ L1:1,575.42 MHz และความถี่ L2:1,270.60 MHz คลื่นสัญญาณหนึ่งคลื่นสำหรับการทหารและอีกคลื่นหนึ่งสำหรับพลเรือน

2. สถานีควบคุม (Control Station Segment)

ในส่วน of สถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย (Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein, และ Hawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์กลางการทำงานของระบบดาวเทียม GPS ตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่างๆเหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียม ทำการคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่แม่นยำอยู่เสมอ

3. ส่วนผู้ใช้ (Use Segment)

เครื่องรับ GPS จะคำนวณตำแหน่งปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา และแสดงตำแหน่งและทิศทางที่ถูกต้อง ระบบ GPS จะฟังสัญญาณจากดาวเทียม และวัดระยะเวลาจากเครื่องส่งสัญญาณจากดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณ (รู้เวลาที่สามารรู้ระยะทาง) และโดยวิธีการของสามเหลี่ยมหรือตรีโกณ ระหว่างดาวเทียมหลายดวงที่ได้รับระบบเครื่องรับของดาวเทียมจะคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับ เครื่องรับเองก็ต้องได้สัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อยสี่ดวง (ก็รู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมสี่ดวง) ถึงจะคำนวณตำแหน่งลักษณะของ 3 มิติได้ (เครื่องรับสามารถคำนวณได้ถึงแม้จะได้รับสัญญาณจากดาวเทียมเพียงสามดวง แต่คำนวณได้เพียงสองมิตินอกจากจะรู้ความสูง) ไม่เพียงแต่รู้ตำแหน่งของเส้นรุ้งและเส้นแวงเท่านั้นยังรู้ระยะความสูงด้วย

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวข้องกับทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง การทำงานของ GPS

หลักการพื้นฐานของ GPS เป็นเรื่องง่ายแต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง

การทำงาน GPS แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การรับสัญญาณจากดาวเทียม โดยหลักการรูปสามเหลี่ยมระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ
2. GPS วัดระยะโดยใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ
3. ในดาวเทียมและเครื่องรับจำเป็นต้องมีนาฬิกาที่ละเอียดสูงมาก
4. นอกจากระยะทางแล้วจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ในอวกาศด้วย
5. ในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) และชั้นบรรยากาศโลก (Atmosphere) ความเร็วคลื่นวิทยุเดินทางได้ช้าลง จึงต้องทำการแก้ไขจุดนี้ด้วย

เทคนิคการหาตำแหน่ง

การหาตำแหน่งมาจากแนวความคิดง่าย ๆ ที่ว่า ถ้าเรารู้ตำแหน่งของดาวเทียม และเรารู้ระยะทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับ เราจะสามารถหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณได้ เช่น ถ้าลองพิจารณาใน 2 มิติ แล้วตั้งตำแหน่งที่กำหนดให้ 2 จุด และระยะจากจุดทั้ง 2 ถึงจุดที่ต้องการหา (x,y) เราสามารถใช้วงเวียนเขียนเส้น โดยมีจุดที่กำหนดให้เป็นศูนย์กลาง รัศมีวงเวียนเท่ากับระยะทางที่รู้ เส้นวงกลมที่ได้จะตัดกัน 2 จุด โดยหนึ่งจุดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ที่นี้สมการอย่างง่ายเขียนได้เป็น

$$\text{ระยะจากจุดที่ 1 } (X_1, Y_1) \quad D_1 = \sqrt{(X_1 - x)^2 + (Y_1 - y)^2}$$

$$\text{ระยะจากจุดที่ 2 } (X_2, Y_2) \quad D_2 = \sqrt{(X_2 - x)^2 + (Y_2 - y)^2}$$

ถ้าเป็นสามมิติก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยมีจุดที่กำหนดให้ 3 จุด ในทำนองเดียวกัน สมการอย่างง่าย

$$\text{ระยะจากจุดที่ 1} \quad D_1 = \sqrt{(X_1 - x)^2 + (Y_1 - y)^2 + (Z_1 - z)^2}$$

$$\text{ระยะจากจุดที่ 2} \quad D_2 = \sqrt{(X_2 - x)^2 + (Y_2 - y)^2 + (Z_2 - z)^2}$$

$$\text{ระยะจากจุดที่ 3} \quad D_3 = \sqrt{(X_3 - x)^2 + (Y_3 - y)^2 + (Z_3 - z)^2}$$

2.2.4 การควบคุมแบบฟัซซี

Fuzzy Logic เป็นวิธีการของระบบควบคุมที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และใช้ในงานตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น เป็นส่วนหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ จนถึงขนาดเครื่องจักรใหญ่ วิศวกรรมศาสตร์คลุมเครือ ถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะเลียนแบบการแก้ปัญหาและการตัดสินใจของมนุษย์ และทำให้การตัดสินใจนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

ประวัติของ Fuzzy Logic

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เป็นแนวความคิดของลอตฟี ซิเดห์ (Lotfi Zadeh) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เบิร์กลีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา หมายถึงการประมวลผลข้อมูลที่ใช้บางส่วนของสมาชิกภายในเซต แทนที่จะใช้สมาชิกทั้งหมดของเซต หรือ ไม่ใช้สมาชิกในเซตเลย

พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี

ตรรกะแบบฟัซซี (fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในได้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตรรกะแบบเท็จจริง และตรรกะแบบฟัซซี

ความเป็นฟัซซี (fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (multivalence) ซึ่งมีค่าที่ความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า และแตกต่างกับไบวาลานซ์ (bivalence) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า

ฟัซซีเซต (Fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง “ความไม่แน่นอน (uncertainty)” สามารถที่จะสร้างและกำหนดรูปแบบ (modeling) ของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือ ความไม่ตายตัว รวมถึงความขาดข้อมูลบางส่วน โดยทฤษฎีของฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (linguistic) มากกว่าปริมาณ (quantitative) ของตัวแปร

รูปที่ 2.6 เป็นการแสดงให้เห็นว่าแนวทางในการตัดสินใจของ ปัญหาทั้งหมดมีเพียง ส่วนน้อยที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่ม และความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซี หรือคลุมเครือ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลัก



รูปที่ 2.6 ความไม่แน่นอน (uncertainty)

ขั้นตอนการทำ Fuzzy Logic

1. กำหนดวัตถุประสงค์การควบคุมและกฎเกณฑ์
2. กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตและเลือกตัวแปรให้มีค่าน้อยที่สุด
สำหรับเป็นอินพุตลงในตรรกศาสตร์คลุมเครือ
3. ใช้โครงสร้างกฎพื้นฐานกฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยกำหนดปัญหาการควบคุมให้อยู่ในรูปแบบของ ถ้า x และ y แล้ว ซึ่งเอาต์พุตที่ต้องการขึ้นอยู่กับเงื่อนไขแต่ละข้อของอินพุต จำนวนและความซับซ้อนของกฎ ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรของอินพุตที่เกี่ยวข้องกัน
4. สร้างสมาชิกของฟังก์ชันของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

5. สร้างลำดับของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่จำเป็นต้องประมวลผลก่อน หลังและนำซอฟต์แวร์ไปติดตั้งในฮาร์ดแวร์
6. การทดสอบระบบการประเมินผลปรับกฎและสมาชิกของฟังก์ชันให้เหมาะสมและทดสอบซ้ำจนได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจและได้รับการยอมรับ

การใช้ระบบ Fuzzy Logic ในรถอัจฉริยะ

ทีม Stanley ได้ใช้ระบบ Fuzzy Logic มาช่วยในการตัดสินใจควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ โดยมีจุดมุ่งหมายต้องการให้การควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบอัจฉริยะคล้ายกับการควบคุมจากมนุษย์ ทั้งการตัดสินใจเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง การเพิ่มหรือลดความเร็ว รวมทั้งการเปลี่ยนองศาเลี้ยว เป็นต้น

นอกจากนี้ทีมอื่นๆที่เข้าร่วมการแข่งขัน DARPA Grand Challenge ต่างก็มีการใช้ระบบ Fuzzy Logic เพื่อช่วยในการตัดสินใจของหน่วยประมวลผล โดยระบบ Fuzzy Logic นั้นยังมีการเก็บข้อมูลการตัดสินใจครั้งก่อนหน้ามาก การตัดสินใจครั้งต่อไปก็ยิ่งมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ดังนั้น การที่จะให้รถอัจฉริยะวิ่งได้อย่างราบรื่น สามารถเลียนแบบลักษณะการควบคุมโดยมนุษย์ได้นั้น จะต้องปล่อยให้รถวิ่งและตัดสินใจเอง ชักระยะหนึ่งก่อน แล้วค่อยๆปรับจนสมบูรณ์แบบ

2.2.5 การประมวลผลภาพด้วยวิธี Edge Detection

Edge Detection เป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุ เราจะสามารถคำนวณหาพื้นที่ (ขนาด) หรือจำแนกชนิดของวัตถุนั้นได้ อย่างไรก็ตาม การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นเรื่องที่ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ มีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วภาพ ขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หากความแตกต่างนี้มีค่ามาก ขอบภาพก็จะเห็นได้ชัด ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อย ขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน ในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคเบื้องต้นในการหาขอบภาพ

เทมเพลตสำหรับหาขอบภาพ

ถ้าต้องการหาขอบภาพในแนวนอนอย่างง่าย วิธีการก็คือหาผลต่างระหว่างจุดหนึ่งกับจุดที่อยู่ข้างล่าง (หรือข้างบน) ของจุดนั้น ดังนี้

$$Y_{diff}(x,y) = I(x,y) - I(x,y+1)$$

โดยที่ Y_{diff} คือค่าความแตกต่างในแนวแกนตั้ง และ $I(x,y)$ คือค่าความเข้มแสงของจุดภาพที่ตำแหน่ง (x,y)

ผลของการใช้สมการแรก มีค่าเทียบเท่ากับการคอนโวลูชันภาพด้วยเทมเพลต

$$1 \quad -1$$

การหาขอบภาพในแนวตั้งก็สามารถหาได้เช่นเดียวกันคือ

$$X_{diff}(x,y) = I(x,y) - I(x-,y)$$

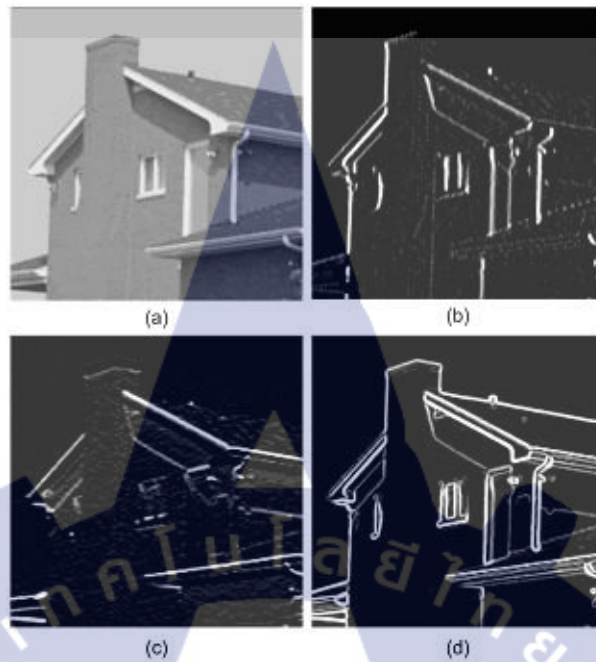
โดยที่ X_{diff} คือค่าความแตกต่างในแนวนอน และสมการที่สองมีให้ผลเทียบเท่ากับการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลต

$$-1 \quad 1$$

บางครั้งเราต้องการรวมผลต่างของค่าความแตกต่างในแนวแกนนอน และแกนตั้งเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะได้มีตัววัดความแรงของขอบภาพ (Gradient Magnitude) เพียงตัวเดียว เนื่องจากค่าความแตกต่างอาจมีค่าเป็นบวกหรือลบ ดังนั้น การบวกค่าความแตกต่างของทั้งสองแกนอาจทำให้ขอบภาพเกิดการหักล้างกันเอง ในทางปฏิบัติ เราจะต้องนำ ค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) หรือค่ากำลังสอง (Squared Value) ของค่าความแตกต่างของทั้งสองแกนมาบวกกันแทน นอกจากหาความแรงของขอบภาพแล้ว การหาทิศทางของขอบภาพ (Gradient Direction) ก็มีประโยชน์เช่นกัน

แต่วิธีการหาขอบภาพที่กล่าวมามีข้อเสียคือ การหาขอบภาพไม่ได้นำ ค่าความเข้มแสงของจุดรอบข้างมาใช้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ภาพที่ได้มาส่วนใหญ่จะไม่มีขอบภาพชัดเจน ขอบเขตของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ วิธีที่กล่าวมาจะไม่สามารถหาขอบภาพได้อย่างแม่นยำ กับภาพลักษณะนี้ การใช้เทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

การหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล



รูปที่ 2.7 ภาพที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล

การหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล (Sobel Edge Detection) เป็นการหาขอบภาพโดยใช้เทมเพลตขนาด 3x3 สองเทมเพลต โดยเทมเพลตแรกจะใช้หาค่าความแตกต่างในแนวนอน (X_{diff}) และค่าความแตกต่างในแนวตั้ง (Y_{diff})

ตัวอย่างการหาความแรงของขอบภาพด้วยวิธีโซเบล

ภาพ	$ X_{diff} + Y_{diff} $										เทรชโฮลด์ด้วยค่า 12						
0 0 0 0 0 0 2 0 3 3																	
0 0 0 1 0 0 0 2 4 2	4	6	4	10	14	12	14	4	0	0	0	0	1	1	1	0	
0 0 2 0 2 4 3 3 2 3	6	8	10	20	16	12	6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	
0 0 1 3 3 4 3 3 3 3	4	10	14	10	2	4	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	
0 1 0 4 3 3 2 4 3 2	2	12	12	2	2	4	6	8	0	1	1	0	0	0	0	0	
0 0 1 2 3 3 4 4 4 3																	

ภาพสุดท้ายได้จากการทำ เทรชโฮลด์ด้วยค่า 12 แล้วปรับความเข้มแสงให้อยู่ในช่วง 0-1 เราสามารถสร้างเทมเพลตโซเบลที่มีขนาดใหญ่กว่า 3x3 เพื่อที่จะให้มีการครอบคลุมพื้นที่มากขึ้นได้

การหาขอบภาพเทมเพลตคี่กรีสอง

หากภาพที่ต้องการหาขอบมีการไล่ระดับความเข้มแสงแบบเป็นเชิงเส้น การใช้เทมเพลต
โซเบลในการหาขอบภาพจะไม่สามารถทำได้เมื่อหาขอบภาพตามแกนตั้งด้วย เทมเพลต จะได้
ผลลัพธ์ดังนี้

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 2 3 4 5 6 7 8 9

-1 0 1

และถ้าคอนโวลูชันด้วยเทมเพลต -2 0 2 เดิมอีกครั้งจะได้

-1 0 1

8 8 8 8 8 8 8 8

8 8 8 8 8 8 8 8

8 8 8 8 8 8 8 8

และถ้าคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตเดิมอีกครั้งจะได้

0 0 0 0 0

การกระทำ ดังกล่าวจะคล้ายกับการดิฟเฟอเรนทิเอตสมการเส้นตรงแล้วได้ค่าคงที่ และเมื่อ
ดิฟเฟอเรนทิเอตค่าคงที่ก็จะได้ศูนย์ การใช้เทมเพลตดิกรีสองเช่นเทมเพลตลาปลาเซียนในการหา
ขอบของภาพที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะสามารถแก้ปัญหาได้

การหาขอบภาพแบบเป็นลำดับขั้น

ปัญหาในการหาขอบภาพโดยทั่วไปส่วนหนึ่งมักเกิดจากเน้นขอบภาพที่ไม่ชัดเจน และขอบภาพอื่นๆ ที่ไม่ปะติดปะต่อกัน ขอบภาพเหล่านี้คือสิ่งที่ไม่ต้องการ แต่การใช้วิธีการหาขอบภาพธรรมดาจะไม่สามารถกำจัดขอบภาพลักษณะนั้นได้ วิธีแก้ไขคือใช้การหาขอบภาพแบบเป็นลำดับขั้นซึ่งมีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

1. สร้างภาพใหม่จากภาพเดิม และมีขนาด $\frac{1}{4}$ ของภาพเดิม โดยค่าความเข้มของแต่ละจุดในภาพเล็กคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของจุดทั้งสี่ที่ตรงกันในภาพใหญ่
2. สร้างภาพที่เล็กลงไปอีกด้วยวิธีเดียวกัน จนกระทั่งภาพที่ได้แสดงเฉพาะขอบภาพที่ต้องการเท่านั้น
3. ทำ การหาขอบภาพ อาจใช้วิธีโซเบลหรือวิธีอื่นๆ แล้วทำ เทรสโฮลด์
4. ณ ตำแหน่งที่เกิดขอบภาพขึ้น ให้ทำ การหาขอบภาพบริเวณจุดทั้งสี่ของจุดที่ตรงกันในภาพที่ใหญ่กว่าในอันดับถัดไป
6. ทำซ้ำจนถึงภาพสุดท้ายซึ่งเป็นภาพเริ่มต้นก็จะได้ขอบภาพที่ต้องการ

การตามขอบภาพ (Edge Following)

หากเราทราบจุดใดจุดหนึ่งบนขอบภาพเราสามารถหาจุดข้างเคียงที่เป็นขอบภาพ และสามารถวนไปตามขอบภาพจนกลับมายังจุดเริ่มต้นได้ ในบทนี้จะแนะนำ วิธีการตามขอบภาพอย่างง่ายดังต่อไปนี้

1. สมมุติให้จุด (x,y) เป็นจุดใดจุดหนึ่งบนขอบภาพ
2. ตั้งค่าแฟล็กให้จุด (x,y) ว่าเคยผ่านมาแล้ว
3. คำนวณหาค่าความแรงของขอบของจุดทั้งแปดที่อยู่รอบจุด (x,y)
4. เลือกจุด 3 จุดที่มีค่าความแรงสูงสุด แล้วใส่ไว้ในอะเรย์แบบ 3 คอลัมน์ โดยเรียงตามลำดับความแรงของขอบ
5. เลือกจุดที่มีค่าความแรงสูงสุด แล้วพิจารณาว่าตำแหน่งของจุดอยู่อยู่ในทิศทางใดเมื่อเทียบกับจุด (x,y) โดยกำหนดให้ทิศต่างๆ มีค่าดังนี้

$$7 * 3$$

$$6 \ 5 \ 4$$

โดยที่ * แทนตำแหน่งของจุด (x,y) หากจุดที่มีค่าความแรงของขอบอยู่ด้านบนเมื่อเทียบกับจุด (x,y) ดังนั้นทิศทางที่กำหนดให้คือ 1

6. กำหนดให้ค่าทิศทางคือ d

7. ทำซ้ำในข้อ 3 แต่พิจารณาเฉพาะจุดที่อยู่ใน 3 ทิศทาง คือ ทิศทาง d ทิศทาง $(d+1)$

$\text{mod } 8$ และทิศทาง $(d-1) \text{ mod } 8$

8. หากไม่พบจุดใดเลยที่มีค่าความแรงของขอบสูงพอในทิศทางที่เคลื่อนที่ไป ให้ลบจุดนั้นออกจากอะเรย์ และเลือกจุดที่มีความแรงของขอบน้อยกว่าในอันดับถัดไป แล้วทำซ้ำในข้อที่ 3 หากทั้ง 3 จุดในแถวถูกลบออกหมด ให้ถอยกลับไปใช้จุดที่เหลือในแถวถัดไป

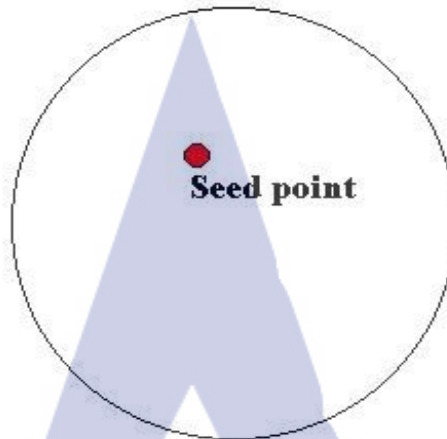
9. หยุดเมื่อวนกลับมายังจุดเดิม หรือเมื่อมีการใช้เวลาตามขอบภาพนานเกินไป วิธีที่กล่าวมาเป็นวิธีอย่างง่ายซึ่งอาจมีปัญหาบ้างในการใช้งานจริง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติมให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

2.2.6 การประมวลผลภาพด้วยวิธี Flood fill

การระบาย (flood fill) สีน้นมีเงื่อนไขอยู่ว่ารูปทรงที่ต้องการระบายนั้นจะต้องเป็นรูปปิด และบาง Algorithm รูปทรงที่จะระบายนั้นจะต้องมีขอบหนาพอที่จะไม่ทำให้สีหลุดออกไปจากภาพ ซึ่งมี Algorithm สำหรับการระบายสีอยู่หลาย Algorithm แต่ในที่นี้จะพิจารณาเพียง Algorithm เดียว คือ Flood Fill Algorithm

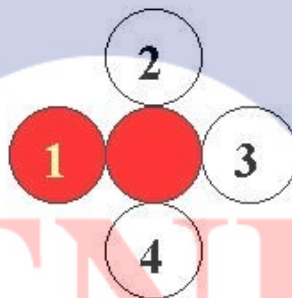
Flood Fill Algorithm

หลักการของ Flood Fill Algorithm มีอยู่ว่า รูปทรงที่ต้องการระบายจะต้องมีขอบที่หนาพอที่จะไม่ทำให้สีหลุดออกไปจากภาพได้ และจุดแรกที่ต้องการจะ fill เรียกว่า seed point โดย seed point นี้จะเป็นจุดใดก็ได้แต่ต้องอยู่ในภาพนั้น เท่านั้น ขั้นตอนการระบายทำได้ดังนี้ ระบายจุดแรก หรือ seed point ดังรูป 2.7

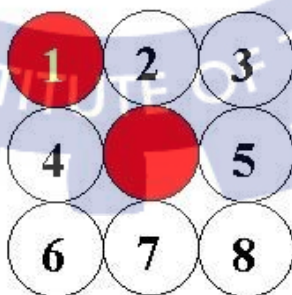


รูปที่ 2.7 Seed Point

ระบาย 4 จุดรอบ seed point (4_connected) หรือ 8 จุดรอบ seed point (8_connected) โคน
เปรียบเทียบจากสีของ Seed point



รูปที่ 2.8 การระบายสีแบบ 4 จุดรอบ



รูปที่ 2.9 การระบายสีแบบ 8 จุดรอบ

จุดที่ 1 จากข้อ 2 จะกลายเป็น seed point ของรอบใหม่ โดยมีเงื่อนไขอยู่ว่า จะไม่ระบายจุดที่ระบายแล้วและไม่ระบายขอบของภาพ

การระบายจะเป็นในลักษณะ recursive นั่นคือ จะทำการระบายจุดที่ 1 ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งจนถึงขอบของวัตถุแล้วจึงจะกลับมาระบายจุดที่เหลือนซึ่งยังรอเป็น seed point ต่อไป



บทที่ 3

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

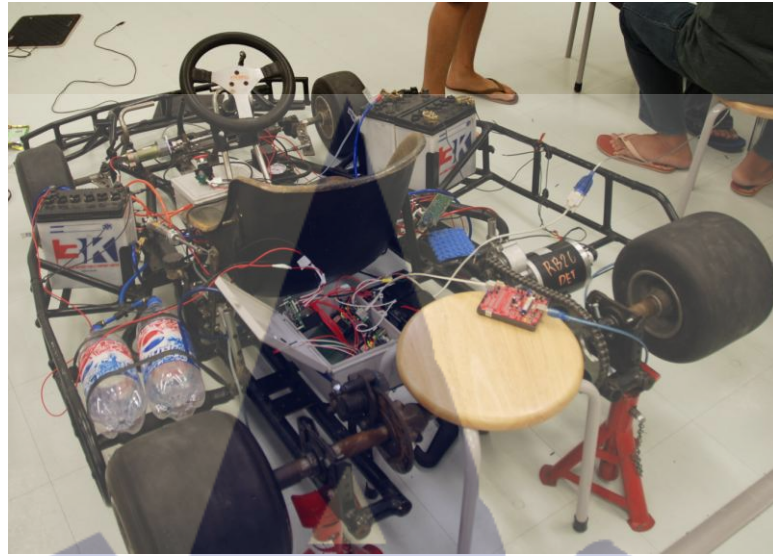
รถอัจฉริยะไร้คนขับที่สร้างขึ้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จำนวนมากมาประกอบอยู่บนรถ คือ ส่วนขับเคลื่อนรถ ส่วนการบังคับเลี้ยว ระบบเบรกฉุกเฉิน ระบบควบคุม และระบบนำทาง ซึ่งทุกส่วนจำเป็นต้องทำงานให้ประสานกัน โดยส่งงานแบบอัตโนมัติ ผ่านทางคอมพิวเตอร์โนตบุ๊ก

3.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ติดตั้งบนรถอัจฉริยะ

3.1.1 รถที่ใช้ในการทดสอบ

รถที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ จะใช้ รถโกคาร์ทที่ใช้แล้ว มาเพิ่มเติมส่วนในการควบคุมแบบอัตโนมัติในส่วนของ การบังคับเลี้ยว ความเร็วรถ และเบรกฉุกเฉิน โดยส่วนขับเคลื่อนรถโกคาร์ท ดังรูป 3.1 มีรายละเอียดดังนี้

- ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 24 V ยี่ห้อ 3K จำนวน 3 ก้อน เหตุผลที่เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดเปียกเพราะมีราคาถูกกว่าแบตเตอรี่แบบแห้ง และมีกำลังไฟมากกว่า ถึงแม้ว่าน้ำหนักของแบตเตอรี่จะหนักกว่า แต่รถโกคาร์ท สามารถรองรับน้ำหนักได้มากพอสมควร จึงไม่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของรถ (และใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับระบบเบรกฉุกเฉินด้วย)
- Driver ควบคุมความเร็วของรถด้วยการส่งงานจาก Microcontroller
- ขับเคลื่อนเพลาล้อหลัง โดยมีต้นกำลังจากมอเตอร์กระแสตรง 500W ผ่านโซ่ไปยังชุดเฟืองท้าย
- แบตเตอรี่ขนาด 12 V ทั้งหมด 3 ก้อน ชนิดแห้ง ใช้จ่ายไฟให้กับไฟท้าย และ Microcontroller

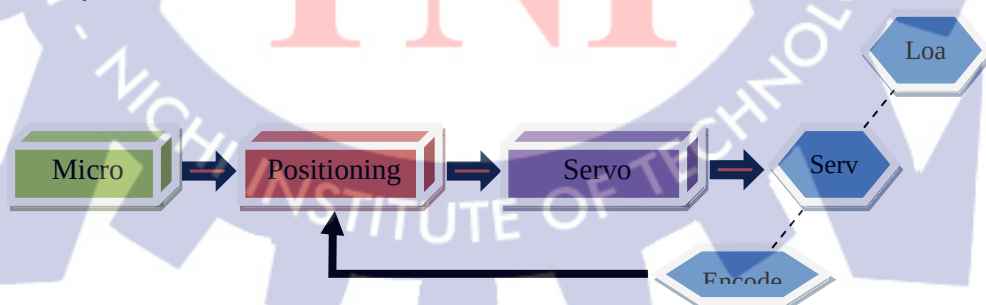


รูปที่ 3.1 รถโกคาร์ทที่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ในส่วนต่าง ๆ เพื่อการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ

การควบคุมการบังคับเลี้ยวของรถ ประกอบด้วย

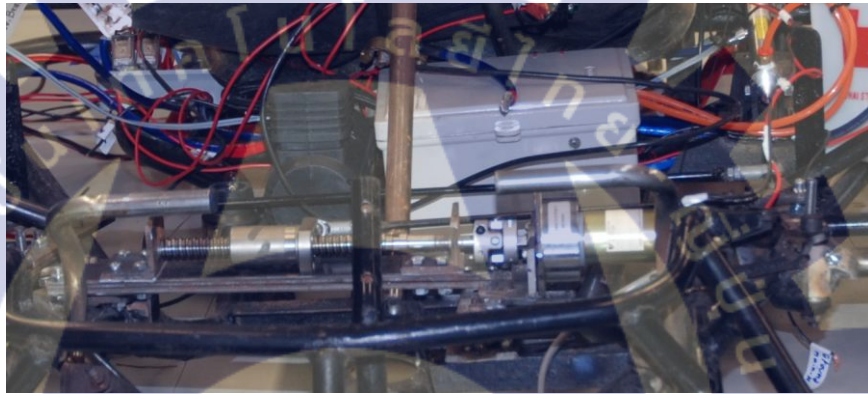
- ชุดServo Motor แบ่งย่อยเป็นสองส่วน
 1. ส่วนMotor จะใช้ไฟ 12V DC และส่งกำลังผ่านเฟืองทด และ Coupling ไปยังแกนบังคับของศาลือ
 2. ส่วนEncoder เป็นชนิด Increment Encoder นับรอบการหมุนส่งเป็นสัญญาณpulse ไปยัง Microcontroller
- รถคันนี้ ใช้ระบบการควบคุมของ Microcontroller PIC 18F4550 โดยชนิดของอินพุตควบคุมสำหรับ Servo Motor Driver เป็นแบบ PULSE WIDTH MODULATION (PWM)

ดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 หลักการควบคุมServo Motor

- Coupling ใช้ชนิดคัปปลิงฝาประกบ (Split Coupling) ทำจากเปลือกเหล็กหล่อสองชิ้นด้วยการยึดด้วยสกรูให้บีบอัดเพลลาทั้งสองไว้ การส่งถ่ายแรงส่วนใหญ่จะผ่านบริเวณบีบอัดของแรงสกรู หากต้องการส่งถ่ายการหมุนที่มั่นคงยิ่งขึ้นก็จะมีการใส่ลิ่มอัดเข้าไปขนาดพิกัดของคัปปลิงฝาประกบได้กำหนดไว้ตามมาตรฐาน DIN 115 คัปปลิงฝาประกบส่วนใหญ่จะนำมาใช้ส่งถ่ายกำลังงานน้อย ๆ ที่ความเร็วรอบต่ำ ในลักษณะงานที่ปราศจากการกระแทก Coupling มีหน้าที่ช่วยยึดเพลลาสองเพลลาให้เข้าด้วยกัน หรือส่งถ่ายโมเมนต์บิดในลักษณะส่งกำลังด้วยรูปรางหรือลักษณะ ส่งกำลัง ด้วยแรง คัปปลิงยังช่วยในการประกอบให้ง่ายขึ้นและทำหน้าที่ต่อหรือตัดการสมดุลกันได้ ดังรูป ดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 มอเตอร์และการควบคุมการบังคับเลี้ยวของรถ

ระบบเบรกฉุกเฉิน อยู่ในรูป 3.4 ประกอบด้วย

- ระบบนิวเมตริกซ์ คือ ระบบการส่งถ่ายกำลังโดยอาศัยความดันลมเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายกำลัง โดยมีอุปกรณ์ คือ กระบอกสูบ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกล โดยรถคันนี้ ดัดแปลงให้ระบบนิวเมตริกซ์ เปรียบเสมือนการเหยียบเบรก
- ถังเก็บลม ในที่นี้ใช้ขวดน้ำอัดลมขนาด 2 ลิตร จำนวน 2 ขวด เพื่อเก็บลมไว้ใช้ส่งไปยังนิวเมตริกซ์เพื่อดันกระบอกสูบ
- ปัมลม เมื่อความดันในขวดน้ำอัดลมลดลง (ปริมาตรลมในขวดน้ำอัดลมลดลง) ปัมจะทำ การปั๊มลมเข้ามาใหม่เรื่อย ๆ เพื่อให้ระบบนิวเมตริกซ์ใช้งานได้ตลอดเวลา

- โซลินอยด์วาล์ว คือวาล์วควบคุมชนิดกลไกนำและวาล์วจะปิดในเวลาทำงานปกติ มันจะใช้พลังงานจากลมในระบบเป็นผู้ช่วยในการเปิด/ปิด ภายใต้สถานะความดันที่ถูกต้อง เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับคอยล์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นบริเวณส่วนบนสุดของก้านวาล์ว พลังแม่เหล็กจะดึงก้านวาล์วและลิ้นวาล์วของวาล์วนำขึ้น ลิ้นที่อยู่ด้านบนไดอะแฟรมจะถูกขับออกผ่านทางรูระบายเล็ก ๆ (orifice) ไปยังทางออกของท่อหลัก ในขณะที่เดียวกันความดันทางเข้าบริเวณส่วนล่างของไดอะแฟรมจะยกไดอะแฟรมขึ้น และเปิดลิ้นวาล์วหลัก ลิ้นก็ไหลเข้าตลอดแนวทางการเดินทางของวาล์ว เมื่อหยุดจ่ายไฟฟ้าให้กับคอยล์ สปริงภายในตัวโซลินอยด์ (ไม่ได้สัมผัสกับลิ้น) จะผลักก้านวาล์วและลิ้นปิดช่องทางการเดินทางของวาล์วนำ ความดันจะเริ่มสะสมบริเวณด้านล่างบนไดอะแฟรมมากขึ้นจนผลักดันไดอะแฟรมเลื่อนลง ปิดวาล์วของวาล์วหลัก ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบนิวเมตริกซ์
- รีโมททางไกล ควบคุมการเปิดปิดของโซลินอยด์ได้ในระยะไกล เพื่อสามารถหยุดฉุกเฉินได้ทันที



รูปที่ 3.4 ระบบนิวเมตริกซ์ที่ใช้ในการหยุดฉุกเฉิน

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของรถอัจฉริยะ

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

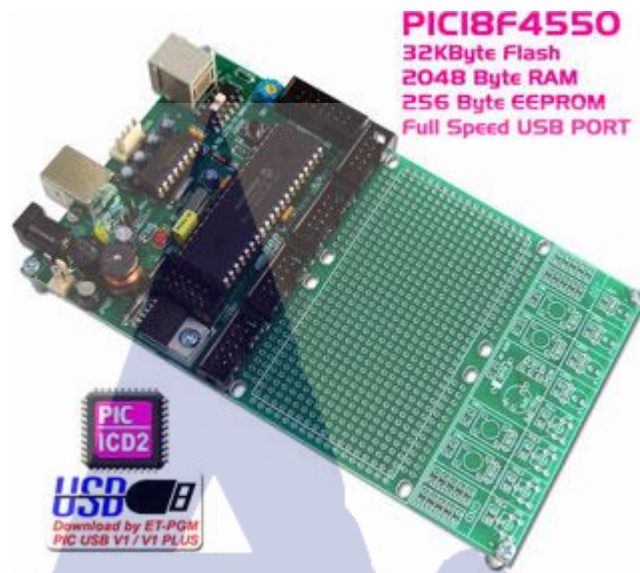
เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC 18F4550 ในรูป 3.5 โดยใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์จำนวน 2 บอร์ด ดังรูป 3.6 โดยแต่ละบอร์ด มีหน้าที่แบ่งเป็น



รูปที่ 3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550

บอร์ดที่ 1 ทำหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดที่ 2 เพื่อประมวลผลควบคุมการทำงานของระบบมอเตอร์ที่ใช้บังคับการเคลื่อนที่ของรถ และควบคุมระบบบังคับเลี้ยวของรถให้เป็นไปตามเส้นทางที่กำหนด และบอร์ดที่ 2 ทำหน้าที่รับสัญญาณพัลส์ (pulse) จาก Encoder และนำมาแปลงค่าเป็นองศาของล้อและระยะทางที่รถเคลื่อนที่โดยส่งข้อมูลที่แปลงแล้วไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดที่ 1 เพื่อทำการประมวลผล

สาเหตุที่เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้เนื่องจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นที่นิยมแพร่หลาย จึงมี Function Code ต่าง ๆ มากมาย สะดวกในการศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้ และยังมีพอร์ตเชื่อมต่อหลายชนิด เพียงพอต่อการใช้งานในรถอัจฉริยะ ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ ประสิทธิภาพสูง และมีราคาที่สามารถจัดซื้อได้



รูปที่ 3.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ETT

- สายเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

เนื่องจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กไม่มีพอร์ต RS232 ซึ่งจำเป็นต้องใช้เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กและบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงต้องใช้สายแปลงสัญญาณจาก USB เป็น SERIAL RS232

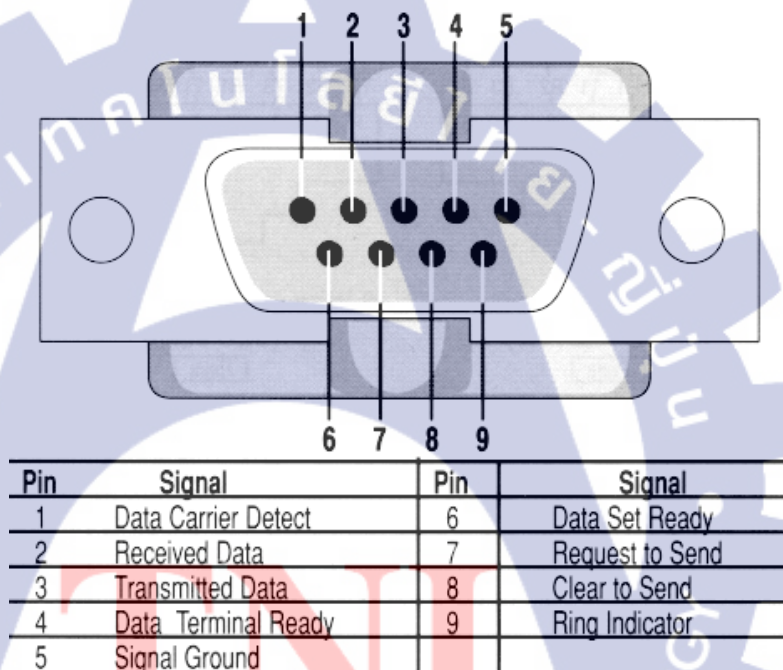
- หัวแปลงสัญญาณจากสาย SERIAL RS232 เป็น USB



รูปที่ 3.7 หัวแปลงสัญญาณจากสาย SERIAL RS232 เป็น USB

สายแปลงสัญญาณ ดังรูป 3.7 ประเภทนี้จะมีแผ่น Driver Program ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการติดตั้งลงบนคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กเสียก่อน ซึ่ง โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลสัญญาณระหว่างพอร์ต USB ที่มี PIN เพียง 4PIN กับพอร์ต RS232 ที่มี PIN มากถึง 9PIN

- สายตัวเมียเพื่อเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.8 ชนิดของช่องเสียบสายSerial RS232 ตัวเมีย

สายนี้ใช้เพียงเพื่อให้สะดวกในการดึงสัญญาณออกจาก PIN ที่ คอนเนกเตอร์ DB9 ของพอร์ต RS232 ตัวผู้เท่านั้น โดยเราได้ทำการตัดปลายอีกข้างหนึ่งของสายตัวเมีย แล้วนำเฉพาะสายสัญญาณ Tx, Rx และGND หรือPIN ที่ 2, 3 และ5 ตามลำดับ เชื่อมต่อกับพอร์ตRS232 บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนสายอื่นไม่ได้นำมาใช้งาน

- กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว

กล้องที่ใช้เป็น Web cam ยี่ห้อ Logitech รุ่น pro 9000 ดังรูป 3.9 มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ

- ตัวเลนส์ เป็นเลนส์กระจก ของ Carl Zeiss ซึ่งมีคุณภาพสูง เมื่อเทียบกับกล้องตัวอื่นที่เลนส์เป็นพลาสติก
- ความละเอียด และความคมชัดสูง
- มีโปรแกรมรองรับ
- ราคายอมรับได้



รูปที่ 3.9 Web cam ยี่ห้อ Logitech รุ่น pro 9000

- Global Positioning System : GPS

เลือกใช้ออร์ด GPS แยกเนื่องจากมีความถูกต้องแม่นยำสูงกว่าชนิดอื่น ในระดับราคาเดียวกัน โดยเลือกใช้ U blox ANTARIS 4 LEA-4S GPS Module Development Kit GPS001D ดังรูป 3.10 และ 3.11 ซึ่งได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้าน GPS ว่ามีความเที่ยงตรงที่สูง และราคาไม่แพงจนเกินไป โดย GPS รุ่นนี้ มีความถูกต้องของตำแหน่งสูงสุด 2.5 เมตร และมี position update rate 4 Hz

การเชื่อมต่อของบอร์ด GPS สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กโดยตรงผ่านทางพอร์ต USB ได้โดยตรง



รูปที่ 3.10 บอร์ดควบคุมการรับสัญญาณ GPS



รูปที่ 3.11 ตัวรับสัญญาณ GPS (GPS Antenna)

- Computer Notebook

เป็นส่วนประมวลผลหลักของระบบอัจฉริยะ โดยคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่ใช้จะต้อง Driver Program ของอุปกรณ์ทั้งหมดบนรถ และมีความเร็วในการประมวลผลที่เพียงพอ และหากมีพอร์ตเชื่อมต่อ RS232 ด้วยก็จะสะดวกต่อการเชื่อมต่อมากขึ้น แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่ใช้นั้นไม่มีพอร์ตเชื่อมต่อ RS232 จึงต้องใช้สายแปลงจากพอร์ต USB แทน

ส่วนสาเหตุที่เลือกใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ไม่ใช่ PC เนื่องจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของตัวเองได้ ไม่จำเป็นต้องต่อกับแหล่งพลังงานจากภายในตัวรถ



รูปที่ 3.12 Computer Notebook ที่ใช้ในงานวิจัย

- Encoder

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วัดรอบการหมุนของแกนมอเตอร์ ซึ่งในรถอัจฉริยะ ได้ติดตั้ง Incremental Encoder ซึ่งสามารถนับสัญญาณได้ทั้งเพิ่ม และลด โดยสัญญาณที่ส่งออกมาจากencoder จะออกมาเป็น Pulse ซึ่งจะต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ถอดรหัสและนับค่าเป็นตัวเลข โดยในรถอัจฉริยะนั้นได้สั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ แปลงค่าจากตัวเลขเป็นองศา และระยะทางอีกทีหนึ่ง โดยทำการติดตั้งไว้สองตัวคือ ที่แกนองศาล้อ และที่มอเตอร์ขับเคลื่อน ซึ่งทำหน้าที่ต่างกัน

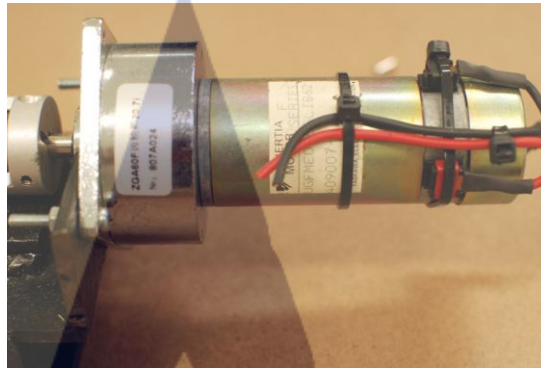
Encoder วัดระยะทาง ติดตั้งอยู่ที่แกนมอเตอร์ขับเคลื่อน ในรูปที่ 3.13

ติดตั้งบริเวณ ล้อเพื่อใช้ในการวัดระยะทางที่รถวิ่งไปด้านหลัง



รูปที่ 3.13 Encoder ใช้ในการวัดระยะทาง

Encoder วัดองศาล้อ ติดตั้งอยู่กับชุด Servo Motor ควบคุมองศาล้ออยู่ในรูป 3.14

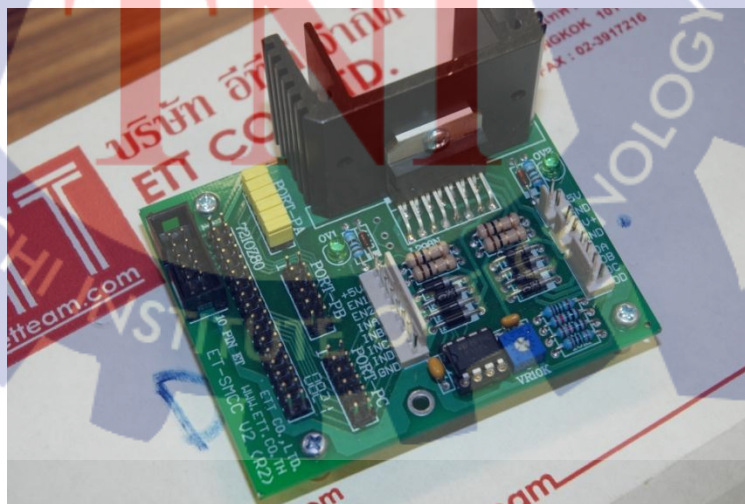


รูปที่ 3.14 Encoder ใช้ในการวัดองศาล้อถูกติดตั้งในส่วนท้ายของมอเตอร์ควบคุมการ
บังคับลิ้น

- มอเตอร์ไครฟ์เวอร์

เป็นตัวสั่งการทำงานของมอเตอร์ ภายใต้การควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำหน้าที่คล้าย ๆ กับรีเลย์ ที่ไม่มีหน้าสัมผัส โดยใช้วงจร MOSFET ควบคุม รถ
อัจฉริยะใช้ Motor Driver สองตัว โดยแบ่งหน้าที่ดังนี้

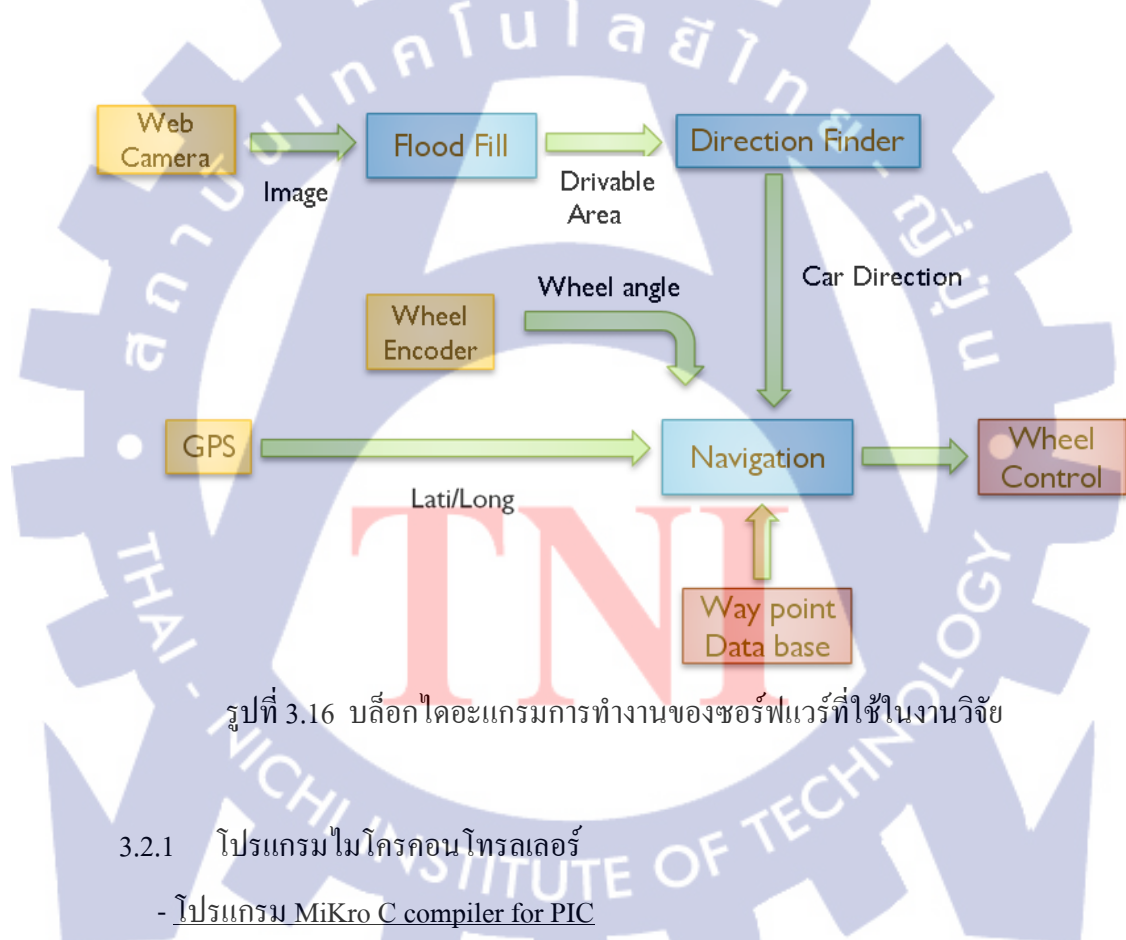
ไครฟ์เวอร์ ตัวแรก ควบคุม Servo motor ที่แกนองศาล้อ ดังรูป 3.15



รูปที่ 3.15 Driver motor ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ควบคุมการลิ้น

3.2 ซอฟต์แวร์ควบคุม

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมรถอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ในสองระดับ คือ ซอฟต์แวร์ระดับล่าง อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมสั่งงาน มอเตอร์ และรับค่า เอนโคเดอร์ และซอฟต์แวร์ระดับบนอยู่ในคอมพิวเตอร์ สำหรับระบบนำทาง และการคำนวณองศาล้อ ที่รถจะต้องเคลื่อนที่ไป โดยบล็อกการทำงานของซอฟต์แวร์ทั้งหมดอยู่ในรูป 3.16 โดย web cam รับภาพจากด้านหน้ารถ จากนั้น ภาพที่ได้จะถูกประมวลผลด้วยวิธี flood fill เพื่อหาบริเวณที่รถสามารถวิ่งไปได้ จากนั้น พื้นที่ drivable area (พื้นผิวถนน) ไปคำนวณหาเส้นกลางของถนน จากนั้นคำนวณหาทิศทางของหน้ารถเทียบกับเส้นกลางของถนน และเปรียบเทียบกับ ความเร็วของรถกับ way point ของสนามที่ได้จาก GPS เพื่อกำกับทิศทางของรถว่าจะเลี้ยวไปในเส้นทางใด



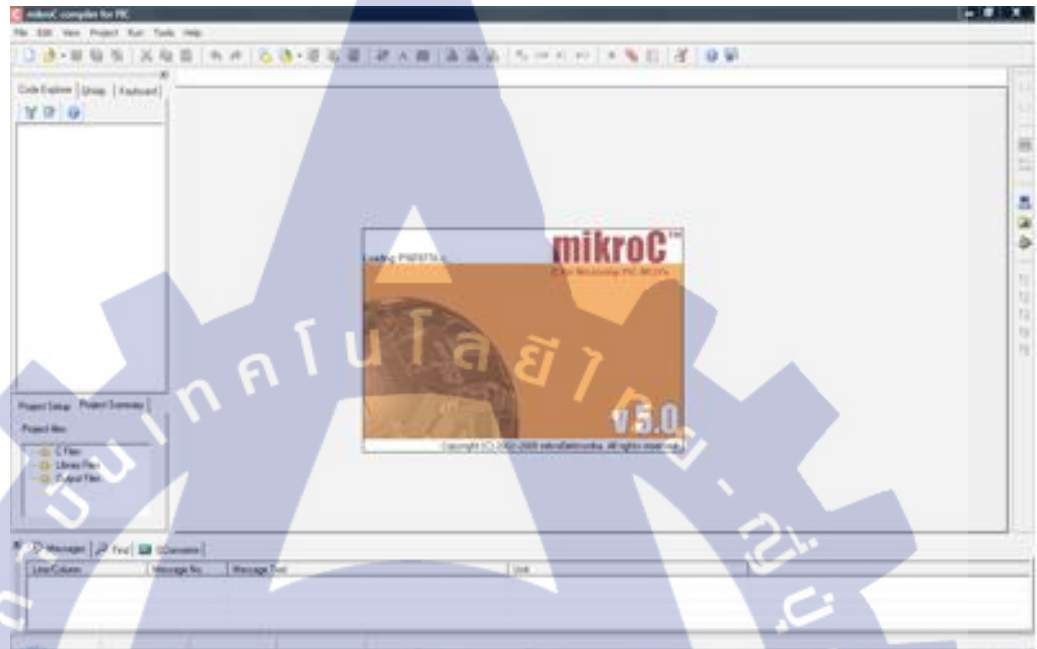
รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

- โปรแกรม MiKro C compiler for PIC

โปรแกรมนี้จะมีการทำงานคล้ายๆกับ C compiler ทั่วๆ ไปแต่จะมีฟังก์ชันพิเศษเพื่อรองรับการทำงานตามคุณลักษณะของ PIC แต่ละชนิดซึ่งสามารถคลิกเลือกกรุ่นและคุณสมบัติต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย ดังรูปที่ 3.17 การทำงานของโปรแกรมจะสร้างไฟล์ที่เป็น

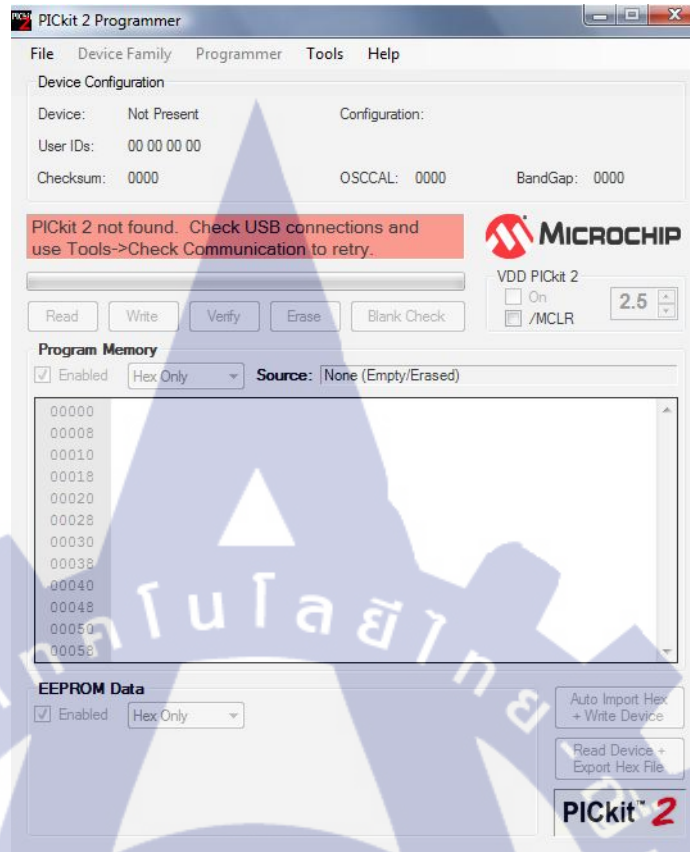
.HEX โดยอัตโนมัติ เมื่อผู้สร้างกด compile โปรแกรม จึงสะดวกต่อการใช้งานเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.17 โปรแกรม MiKro C compiler for PIC

โปรแกรม PICkit 2 version2.4

โปรแกรม PICkit 2 version2.4 ในรูปที่ 3.18 จะมีหน้าที่เขียนไฟล์ที่ได้ทำการสร้างไว้ก่อนหน้านี้ (.hex) บันทึกลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของโปรแกรมผู้ใช้งานจะต้องทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ และก่อนหน้าที่จะทำการบันทึกข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องทำการลบข้อมูลเก่าทั้งหมดออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ไม่ซ้ำซ้อนและค่อยทำการบันทึกข้อมูลใหม่ลงไป



รูปที่ 3.18 โปรแกรม PICkit 2 version2.4

การทำงานและโค้ดของโปรแกรมที่ทำการบันทึกลงไมโครคอนโทรลเลอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1 มีหน้าที่ในการประมวลผลเพื่อตัดสินใจการทำงานเพื่อขับเคลื่อนเครื่องรถอัจฉริยะ โดยแบ่งเป็น function ต่าง ๆ มีหลักการดังรูป 3.19 – 3.23

```

void main()
{Usart_Init(38400);           // กำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล
  TRISB=0x00;TRISD=0xff;      // กำหนดค่าและคุณสมบัติของพอร์ตที่เรียกใช้ใน
                              // ไมโครคอนโทรลเลอร์

  while(1)
  {AngleComputer();           // เรียกใช้functionที่ 2
    AngleEncoder();            // เรียกใช้functionที่ 3
    Processing();              // เรียกใช้functionที่ 4
    SendPwm();                 // เรียกใช้functionที่ 5
  }}

```

รูปที่ 3.19 main function มีหน้าที่ควบคุมความเร็วในการสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์และควบคุมลำดับขั้นของการทำงานแต่ละ function

```

void AngleComputer()
{
  do{
    if(Usart_Data_Ready())      // ตรวจสอบรับค่าว่าเข้าหรือขา
    {Tkey = Usart_Read();
      if(Tkey == 'P'){AC1=1;break;} // ถ้าได้รับ p แสดงว่าให้เลี้ยวขวา
      if(Tkey == 'N'){AC1=(-1);break;}} // ถ้าได้รับ N แสดงว่าให้เลี้ยวซ้าย
    }while(1);
  do{
    if(Usart_Data_Ready())      // วนรับค่าองศาว่าเคลื่อนไปที่องศา
    {Pkey = Usart_Read();
      if(Pkey == 'E')break;      // หยุดการวนรับค่าถ้าเจอ E
      PP = Pkey - '0';
      AC = 10*AC + PP;}
    }while(1);
    AC=AC*AC1;                  // ทำให้ค่าที่รับมาเป็น2หลัก
  }
}

```

รูปที่ 3.20 Function 1 : ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทราบเส้นทางที่รถจะต้องวิ่งว่าไปในทิศทางใด

```

void AngleEncoder()
{
  AE1 = PORTD;                  // รับค่าองศาจาก encoder
  if(AE1<=100)AE = AE1;        // ค่าที่รับน้อยกว่า100 ทางขวา
  else if(AE1>100)              // ค่าที่รับมากกว่า100 ทางซ้าย
  AE = AE1*(-1)-100;
}

```

รูปที่ 3.21 Function 2 : ทำหน้าที่รับค่าองศาของล้อและระยะทางที่รถกำลังทำงานเพื่อให้ทราบข้อมูลของรถขณะรถวิ่ง


```

void Processing()                                //คำนวณองศาที่ได้จากล้อเทียบกับที่คอมสั่งงาน
{if(AE>=(-30))
  { if(AE<=30)
    { Angle=AC-AE;
      if(Angle<=(-1))SC='C';
      else if(Angle>1)SC='A'; }
    else SC='B';}
  else SC='B';}

```

//องศาที่ได้น้อยกว่า 1 ให้ทำ case 'C'
 //องศาที่ได้มากกว่า 1 ให้ทำ case 'A'
 //ไม่ตรงเงื่อนไข ให้ทำ case 'B'

รูปที่ 3.22 Function 3 : ทำหน้าที่ประมวลผลทิศทางและความเร็วที่รถและบังคับทิศทางในการเคลื่อนที่

```

void SendPwm()
{ switch(SC)
  { case 'A':PORTB.F0=1;PORTB.F1=0;PORTB.F2=1;break; //
    Right100
    case 'B':PORTB=0;break; // 0
    case 'C':PORTB.F0=0;PORTB.F1=1;PORTB.F2=1;break; } //
    Left100
  }
}

```

รูปที่ 3.23 Function 4 : มีหน้าที่ในการนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของ Function 2 มาทำการสั่งงาน motor ให้รถเคลื่อนที่

ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 2 มีหน้าที่รับค่าจาก Encoder วัดองศาล้อและEncoderวัดระยะทางมาประมวลผลให้ได้ค่าองศาและระยะทางของรถขณะวิ่งและส่งข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1 ประมวลผลต่อไป แบ่งเป็น function การทำงาน ดังรูป 3.24 – 3.26

```

void AngleEncoder()           //ฟังก์ชันวัดระยะทางที่รถเคลื่อนที่ไป
{
    count2=count;             //ให้ค่าใหม่เท่ากับค่าเดิม
    en11=PORTB.F0;            //ประกาศพอร์ต
    en12=PORTB.F1;            //ประกาศพอร์ต

    if(en11==1)               //ตรวจสอบPulse ที่เข้ามาว่าเป็น
                                สัญญาณเพิ่มหรือลด

    { if(en11b==0)
      { if (en12==1)
        count++;
        else if (en12==0)
        count--;}
      }
    en11b=en11;               //อัปเดตค่าที่นับได้ใหม่
}

```

รูปที่ 3.24 Function 5 : ทำหน้าที่รับสัญญาณ Encoder ongsalio และ Encoder ระยะทาง มาทำการบันทึกไว้เพื่อเตรียมส่งต่อไปไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1 โดยการวัดค่าสัญญาณที่ส่งออกมาจาก Encoder ongsalio และ Encoder ระยะทาง ใช้ชุดคำสั่งเดียวกัน แตกต่างกันที่ชุดคำสั่งในการแปลงค่าตัวเลขที่ได้จาก Encoder เป็นค่าที่เราต้องการ

```

void SendAngle ()                                //หาค่าล้นแปลงค่าตัวเลขเป็นองศาแล้วส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ 1
{
if(count>>3000) max=count;                      //หากค่าตัวเลขที่นับได้เกินค่าmaxเดิม ให้ตั้งเป็นค่าmax ใหม่
if(count<<-3000) max=((-1)*count);
AngleEN=((count/max)*100);                       //แปลงเป็นค่าองศาแล้ว
if(AngleEN<<0) AngleEN=((( -1)*AngleEN)+100);
PORTD=AngleEN;                                   //ส่งค่าที่ได้ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ผ่าน PORTD
}

```

รูปที่ 3.25 Function 6 : ทำหน้าที่แปลงค่าตัวเลขจำนวนpulseที่นับได้ เป็นค่าที่เราต้องการ เช่นองศาแล้ว และระยะทาง เป็นต้น แล้วทำการส่งที่ที่แปลงแล้วไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1 เพื่อประมวลผลต่อไป โดยการรับค่า Encoder มาเป็น องศาจากการวัดค่าพบว่า เลขจำนวนpulse ที่นับได้จากEncoder ทุกๆ 100pulse จะทำให้มุมของล้อเปลี่ยนไปประมาณ 1องศาพอดี และองศาเลี้ยวมากที่สุดของรถคือ +/- 30องศา หรือคิดเป็น +/- 3000pulse

```

void interrupt()
{ en12=PORTB.F1;
  if(INTCON.INT0IF == 1)    // if the RB0/INT External Interrupt
                             flag is set...
  {if(en12==1)
    count++;
    else
    count--;
    count2=count;
    INTCN.INT0IF =0;}}
void main()
{
    Usart_Init(38400);        //input from encoder
    TRISB = 0xff;
    TRISD = 0;               // Set Interrupt Enable bits
    INTCN.INT0IE = 1;        // bit 4 RB0/INT External
                             Interrupt Enable
    INTCN.GIE = 1;           //Set global Interrupt Enable bits
    Usart_Write('$');        // global interrupt enable
                             //print to computer
    .
    .
    .
};}

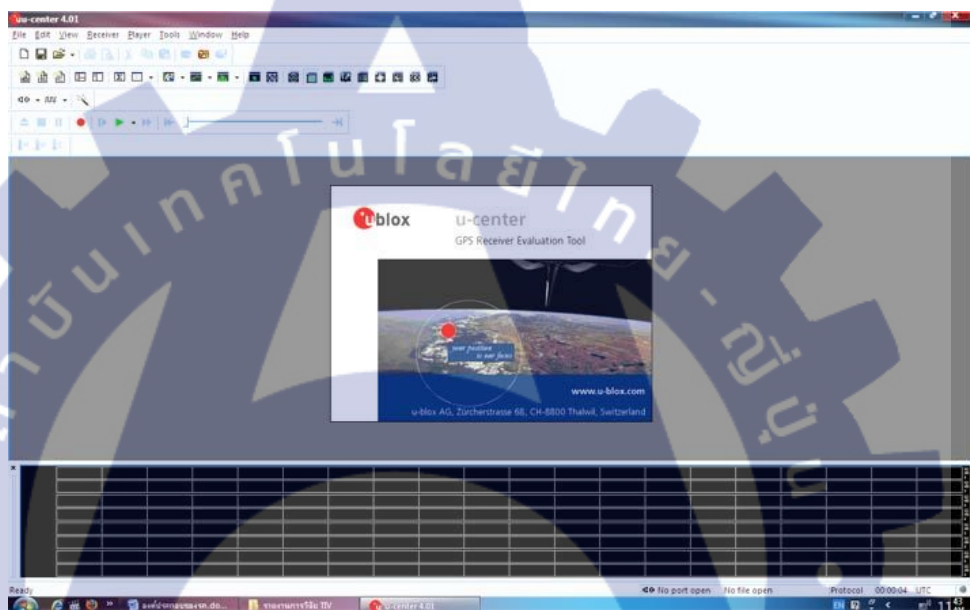
```

รูปที่ 3.26 Code โปรแกรม interrupt เพื่อทำการบันทึกค่าของข้อมูล Encoder เนื่องจากการทำงานของ Encoder จะมีค่า pulse ที่สูงมากซึ่งถ้าไม่ใช้หลักการของ interrupt ค่าที่รับได้จะไม่เที่ยงตรงเนื่องจากจะสูญเสียการนับขณะที่กำลังส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 1

- โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบบอกตำแหน่ง (GPS)

โปรแกรมที่ใช้เป็นโปรแกรม U-Center ดังรูป 3.27 ซึ่งใช้งานคู่กับบอร์ด GPS U-blox โดยโปรแกรมนี้จะแสดงตำแหน่งของดาวเทียม จำนวนดาวเทียมที่บอร์ดรับสัญญาณอยู่ ความเข้มสัญญาณ ตำแหน่งพิกัด ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง ทิศทางที่มุ่งหน้าไป

โปรแกรมนี้จะเป็นตัวกำหนดการส่งข้อมูลจากบอร์ดว่า หลังจากบอร์ดตรวจหาค่าสัญญาณแล้ว จะส่งข้อมูลใดให้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กบ้าง เช่น หากเราต้องการใช้ข้อมูลแค่พิกัดตำแหน่งของรถเพียงอย่างเดียว ก็สามารถใช้โปรแกรม U-Center ตั้งค่า ให้บอร์ด GPS U-blox ส่งเฉพาะค่าพิกัดมาอย่างเดียวได้ โดยค่าที่ตั้งไว้จะถูกบันทึกในหน่วยความจำของบอร์ด ดังนั้นเมื่อเราตั้งค่าใดไป บอร์ดก็จะทำตามค่าที่ตั้งไว้ ไม่ว่าจะต่อกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นก็ตาม จะเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ตั้งไว้ได้จากโปรแกรม U-Center เท่านั้น



รูปที่ 3.27 โปรแกรม U-Center

- โปรแกรมแปลงข้อมูลจากสายSERIAL RS232 เป็น USB

ตัวโปรแกรมจะแถมมากับชุดสายแปลงสัญญาณ โดยพบว่าสายแปลงแต่ละยี่ห้อจะต้องใช้โปรแกรมเฉพาะของแต่ละยี่ห้อ นั้น ไม่สามารถกับยี่ห้ออื่นได้

โปรแกรมนี้ทำหน้าที่แปลงข้อมูลสัญญาณระหว่างพอร์ต USB ที่มี PIN เพียง 4PIN กับพอร์ต RS232 ที่มี PIN มากถึง 9PIN โดยเมื่อทำการติดตั้งโปรแกรมนี้ลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว เมื่อเราต่อสายแปลงสัญญาณจากสาย SERIAL RS232 เป็น USB เข้ากับ

เครื่อง โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งผ่านระหว่างสายแปลงให้โดยอัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องตั้งค่าอะไรเพิ่มเติม

3.2.2 โปรแกรมหลักบนคอมพิวเตอร์

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดเขียนขึ้นด้วยภาษา C++ โดยผ่านโปรแกรม Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition เนื่องจากภาษา C++ เป็นภาษาระดับกลางที่สามารถควบคุมการทำงานของ Hardware ได้ และผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้สะดวกกว่าภาษา แอสกี และมีการใช้เครื่องมือของ Open CV เข้ามาช่วยในเรื่องการประมวลผลภาพ เนื่องจาก Open CV เป็น Open Source ที่สร้างขึ้นมาเพื่อการประมวลผลภาพโดยเฉพาะ จึงทำให้ประหยัดเวลาในการเขียนโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมเริ่มจาก รับข้อมูลมาจากกล้อง Web Cam เพื่อนำมาประมวลผลโดย โปรแกรมประมวลผลภาพ เพื่อหาขอบเขตของถนน หลังจากนั้นเมื่อสามารถหาถนนได้แล้ว จะนำขอบเขตของถนนมาเพื่อหาเส้นทาง ที่รถควรจะเลี้ยวไป โดยอาศัยการรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งจาก GPS และข้อมูลระยะทางจาก Encoder เพื่อนำมาคำนวณด้วย โดยมีชุดคำสั่งควบคุมการทำงาน ต่าง ๆ ดังนี้

- ชุดคำสั่งการดึงภาพเครื่องไหวจากกล้องวิดีโอ

```
CvCapture* capture = cvCreateCameraCapture(0);
```

- ชุดคำสั่งการ flood fill

```
cvFloodFill( imgFill, seed, color, CV_RGB( Rlo, Glo, Blo ), CV_RGB( Rup, Gup, Bup ), &comp, flags, 0 );
```

- ชุดคำสั่งการเชื่อมต่อข้อมูลผ่าน port USB

```

1. public:
2.     void ClosePort();
3.     BOOL ReadByte(BYTE &resp);
4.     BOOL WriteByte(BYTE bybyte);
5.     BOOL OpenPort(CString portname);
6.     BOOL SetCommunicationTimeouts(DWORD
        ReadIntervalTimeout,DWORD
        ReadTotalTimeoutMultiplier,DWORD
        ReadTotalTimeoutConstant,DWORD
        WriteTotalTimeoutMultiplier,DWORD
        WriteTotalTimeoutConstant);
7.     BOOL ConfigurePort(DWORD BaudRate,BYTE
        ByteSize,DWORD fParity,BYTE Parity,BYTE
        StopBits);
8.     HANDLE hComm;
9.     DCB     m_dcb;
10.    COMMTIMEOUTS m_CommTimeouts;
11.    BOOL        m_bPortReady;
12.    BOOL        bWriteRC;
13.    BOOL        bReadRC;
14.    DWORD iBytesWritten;
15.    DWORD iBytesRead;
16.    DWORD dwBytesRead;
17.    virtual ~CSerialCom();

```

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวัดและทดสอบ

รถอัจฉริยะที่สร้างและทดสอบในงานวิจัยนี้ ถูกนำไปใช้ในการแข่งขันรถอัจฉริยะชิงแชมป์แห่งประเทศไทย 2009 ซึ่งเป็นปีแรกของ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นในการเข้าร่วมแข่งขันการทดสอบ โดยให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ระบบนำทางในงานวิจัยนี้ใช้เซนเซอร์ Web cam และ GPS เป็นเซนเซอร์หลัก โดยความน่าเชื่อถือได้จากการประมวลผลภาพใช้วิธี Flood fill เพื่อหาขอบเขตของถนนนั้น ขึ้นอยู่กับการปรับค่า Tolerance ให้เหมาะสมกับความสว่างของแสงขณะนั้น และยังขึ้นอยู่กับการสภาพของถนน เช่น ความสม่ำเสมอของถนน และมีน้ำขังอยู่บนถนนหรือไม่ ในกรณีที่ปรับค่า Tolerance ที่เหมาะสมได้ และทดสอบกับถนนเรียบ มีสีเขียว และไม่มีน้ำขัง ผลการหาขอบเขตของถนน มีความถูกต้องมากกว่า 90 % อย่างไรก็ตาม สภาพถนนและอากาศในสภาพแวดล้อมจริง ๆ นั้น จะเป็นสิ่งที่ควบคุมไม่ได้

ผลการทดสอบในวันแข่งขันรถอัจฉริยะชิงแชมป์แห่งประเทศไทย 2009 ในรอบคัดเลือก การประมวลผลภาพด้วยวิธี flood fill เพื่อหาขอบเขตและเส้นกลางของถนน และคำนวณหาทิศทางของรถที่จะต้องเคลื่อนที่ไปด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก ค่าตำแหน่งของรถเทียบกับเส้นกลางของถนน มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ แต่รถสามารถวิ่งได้ระยะทางเพียง 36.84 นั้นเกิดจากอุปกรณ์ Driver Motor มีกำลังไม่เพียงพอต่อความเร็วในการควบคุมพวงมาลัยรถ ทำให้รถไม่สามารถบังคับทิศทางได้ทันกับความเร็วในการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ ระบบ GPS ไม่ได้ถูกใช้งานเนื่องจาก GPS มี update rate เพียง 4 Hz ข้อมูลตำแหน่งที่ได้ล่าช้าไม่เพียงพอต่อการประมวลผลแบบ Real Time เป็นผลให้ขณะรถเคลื่อนที่ไปถึงทางแยก รถไม่สามารถตัดสินใจให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ถูกกำหนดไว้ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับขอบเขตของถนนนอกจาก กล้อง web cam แล้วควรมีเซนเซอร์ชนิดอื่นเช่น 3D-Laser Scanner เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งที่กำหนดไม่ได้
2. GPS ที่นำมาใช้งานต้องมี update rate ที่สูงกว่า 20 Hz จึงจะเพียงพอต่อการนำไปใช้งานแบบ real time ของรถอัจฉริยะได้
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการจับมอเตอร์และระบบกลไกการควบคุมพวงมาลัย ต้องสามารถควบคุมรถไปในทิศทางต่าง ๆ ได้ทัน่วงทีกับการสั่งงานของคอมพิวเตอร์
4. การควบคุมแบบ Fuzzy Logic หรือ Optimum Control เพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางรถจะทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างราบเรียบ และถูกต้องมากขึ้น



บทที่ 4

การทดสอบการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ

การทดสอบการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติ ในกระบวนการทดสอบนั้น จะต้องควบคุมเซนเซอร์หลายชนิด เช่น เรื่องของคุณภาพข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจากกล้องวิดีโอจะต้องเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพสูง เพื่อใช้สำหรับการประมวลผล หากข้อมูลมีคุณภาพสูงเพียงใด การประมวลผลนั้นก็就会有ความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งคุณภาพของข้อมูลที่ได้รับเข้ามานั้น จะต้องอาศัยทั้งทางด้านของอุปกรณ์ เช่น ขนาดความคมชัดของกล้องวิดีโอ Dynamic Range ของกล้อง และอัตราความถี่ของการเคลื่อนของ GPS เป็นต้น ซึ่งปัจจัยทางด้านอุปกรณ์นี้จะต้องอาศัยต้นทุนค่อนข้างสูง และนอกจากคุณภาพของอุปกรณ์แล้ว ยังมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลที่ได้รับเข้ามามาก เช่น ปริมาณของแสง อุณหภูมิ เงา เมฆ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

4.1 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพนั้นมีความสำคัญมากต่อระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ เนื่องจากการทำงานของกล้องนั้น เปรียบเสมือน ตาของมนุษย์ เพื่อนำภาพที่ได้รับไปประมวลผล เพื่อควบคุมรถต่อไป โดยจะต้องอาศัยข้อมูลของภาพที่มีคุณภาพสูง รวมถึงการความถูกต้องแม่นยำของการประมวลผลด้วย เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือ ในการบังคับทิศทางของรถมากที่สุด ซึ่งการประมวลผลของภาพโดยใช้วิธีการ Flood Fill มีข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 ความเร็วในการประมวลผลภาพแบบเวลาจริง

“ความเร็วของการเคลื่อนที่รถอัจฉริยะจะถูกจำกัดด้วยอัตราความเร็วของการประมวลผล” กล่าวคือการขับเคลื่อนแบบอัตโนมัตินั้น จะต้องอาศัยการประมวลผลที่รวดเร็ว เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือมากที่สุด หากประมวลผลได้ช้า จะเกิดความไม่น่าเชื่อถือ เช่น ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบรถนั้น จะใช้ความเร็วประมาณ 8 กม./ชม. หรือประมาณ 2.22 เมตร/วินาที หากใช้เวลาในการประมวลผล 0.5 วินาทีต่อ 1 ภาพ ก็จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนไป 1.11 เมตร ซึ่งในการทดสอบนั้นสามารถประมวลผลได้ประมาณ 30 มิลลิวินาที หรือเท่ากับรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 8 กม./ชม. จะเคลื่อนที่ไปเพียง 0.066 เมตร ซึ่งถือว่ามีความเป็นปัจจุบันในระดับหนึ่ง ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือมาก

4.1.2 สภาพแวดล้อมกำหนดไม่ได้

เช่น ฝนตก เมฆ แสงแดด และไดนามิกของสภาพแวดล้อม เนื่องจากกล้องทำหน้าที่เก็บภาพที่มองเห็นจากภายนอกเข้ามาเพื่อประมวลผล ดังนั้น ถ้าคุณภาพของภาพที่รับเข้ามาดี ก็จะทำให้การประมวลผลเกิดความถูกต้องและน่าเชื่อถือมาก แต่ในกรณีที่สภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย ก็จะส่งผลให้เกิด

ความผิดพลาดในการประมวลผล สภาพแวดล้อมที่ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดต่อการประมวลผล หากว่าถนนมีพื้นผิวถนนที่ไม่เหมือนกัน การประมวลผลก็จะเข้าใจว่า ถนน ที่ไม่เหมือนกับส่วนอื่นนั้นไม่ใช่ถนน ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

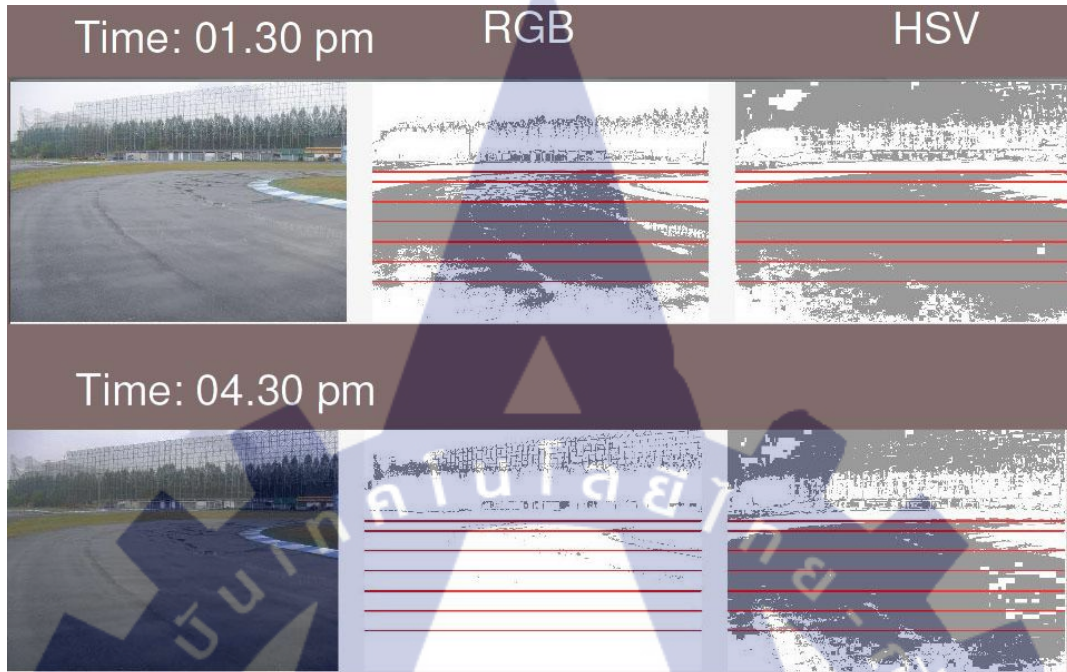


รูปที่ 4.1 การประมวลผลผิดพลาดที่เกิดจากสภาพถนน



รูปที่ 4.2 การประมวลผลผิดพลาดที่เกิดจากสภาพถนน

นอกจากนี้ช่วงเวลาในการทดสอบ ก็มีความสำคัญต่อการประมวลผลของภาพด้วย เพราะในแต่ช่วงเวลา สี และ อุณหภูมิของแสง จะไม่เท่ากัน ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ เกิดความไม่ตรงกัน ดังรูปที่ 4.3

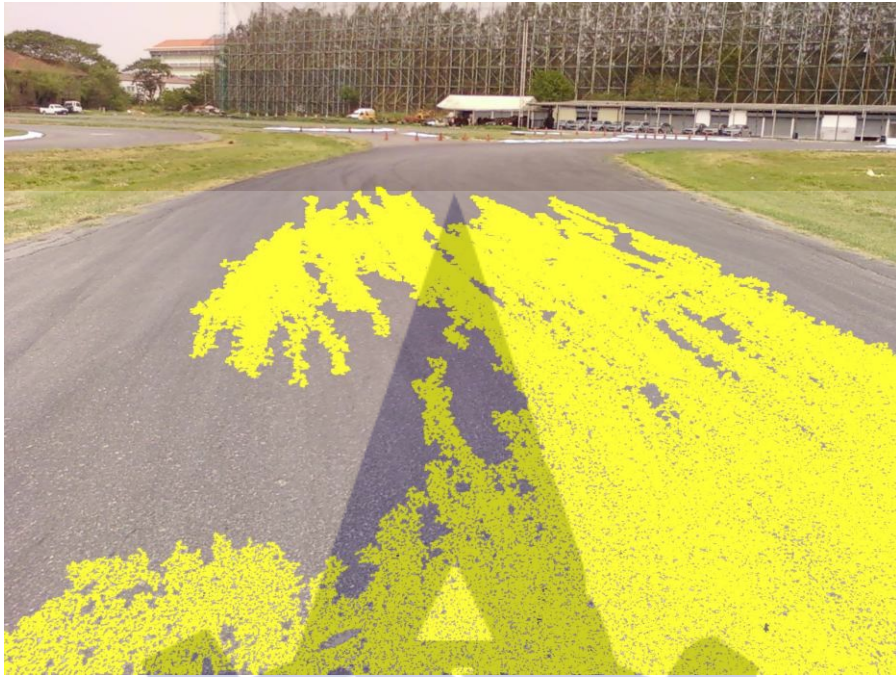


รูปที่ 4.3 ช่วงเวลาในการประมวลผลภาพ

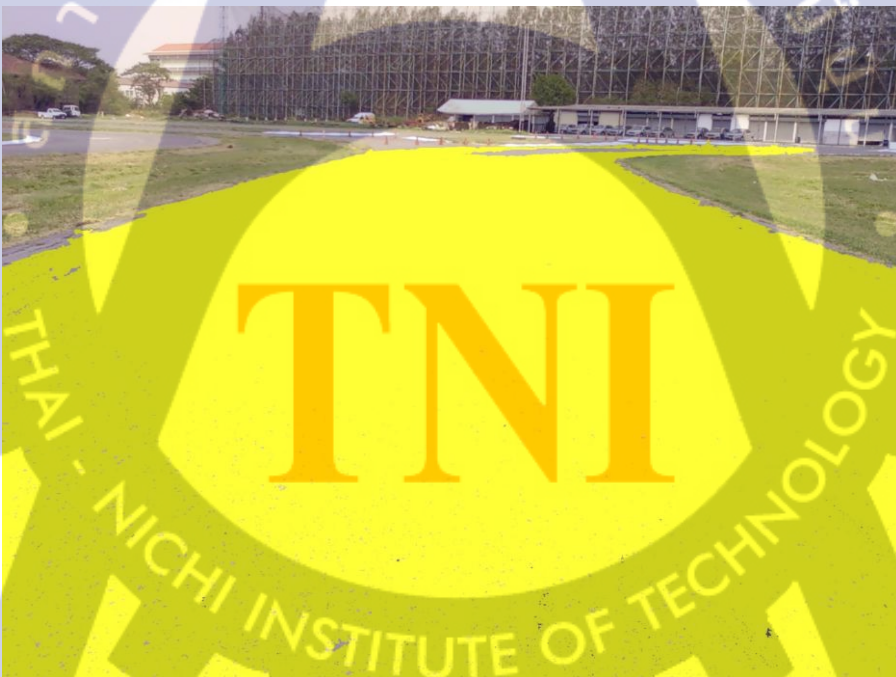
4.1.3 การปรับค่า flood fill

การ segmentation ด้วยวิธี flood fill จะต้องกำหนดค่า tolerance ระหว่างจุดเดิมกับจุดโดยรอบ ดังนั้นการกำหนดค่า tolerance จึงต้องพอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไป

- ถ้ากำหนดน้อยเกินไป จะไม่สามารถจับภาพพื้นถนนทั้งหมดได้ดังรูป 4.4
- ถ้ากำหนดมากเกินไป จะจับภาพสิ่งอื่นที่ไม่ใช่พื้นถนนเข้าไปด้วยดังรูป 4.5
- หากกำหนดพอดี ภาพที่ได้จะมีความถูกต้องสูง ส่งผลให้การประมวลถูกต้อง ดังรูป 4.6



รูปที่ 4.4 ตั้งค่า Tolerance = 20



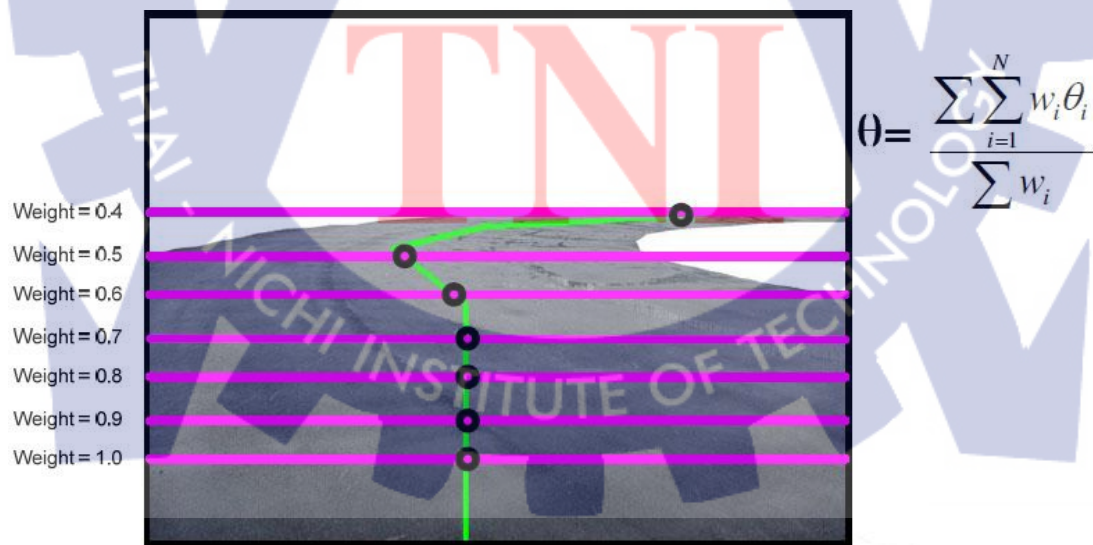
รูปที่ 4.5 ตั้งค่า Tolerance = 40



รูปที่ 4.6 ตั้งค่าTolerance=50

4.1.4 การควบคุมทิศทางของรถ

หลังจากที่สามารถหาขอบเขตของถนนได้แล้ว จะมีการนำขอบเขตของถนน มาคำนวณหาเส้นทางที่รถควรไป โดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนัก โดยอาศัยระยะทางใกล้ๆ จะมีน้ำหนักมาก และระยะทางที่ไกลออกไป จะลดค่าน้ำหนักลงมา ดังรูปที่ 4.7 ดังนั้น หากหาขอบเขตของถนนได้ไม่ดีเพียงใด ความน่าเชื่อถือก็จะสูงขึ้นเท่านั้น



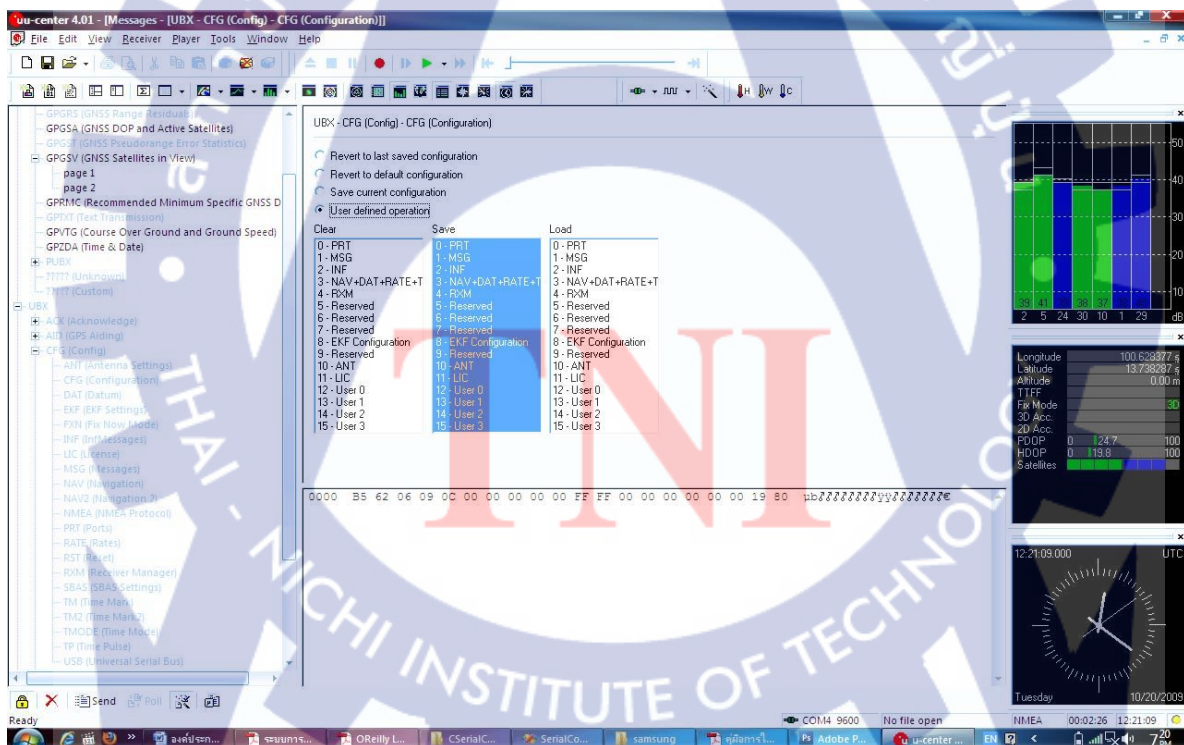
รูปที่ 4.7 การคำนวณทิศทางเคลื่อนที่ของรถ

4.2 อุปกรณ์บอกตำแหน่งบนพื้นโลก

อุปกรณ์บอกตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) นั้นมีความสำคัญอย่างมาก ในการใช้ระบบควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ เนื่องจากมีความเที่ยงตรงสูง สามารถบอกเป็นระยะพิคต์ที่แน่นอน และเป็นสากล มีการอ้างอิงกับเวลามาตรฐาน UTC ดังนั้นหากเราป้อนค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดค่าใดค่าหนึ่งให้กับ GPS ตัวใดก็ตาม มันจะสามารถเข้าใจได้ว่าเป็นสถานที่เดียวกัน แต่ GPS ก็สามารถเกิดค่าความผิดพลาดได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพอากาศ สิ่งปลูกสร้างโดยรอบ เป็นต้น

4.2.1 การตั้งค่า GPS เบื้องต้น

อุปกรณ์บอกตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) นั้นทำหน้าที่แปลงรหัสจากสัญญาณที่ได้รับเป็นชุดข้อมูลต่างๆ ซึ่งบางชุดข้อมูลไม่มีความจำเป็นในการใช้ประมวลผลในโปรแกรม ดังนั้นเพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผล จึงต้องทำการตั้งค่าให้ GPS ส่งเพียงชุดข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้น โดยเข้าไปตั้งค่าในโปรแกรม U-center ดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 การตั้งค่าการส่งชุดข้อมูลของ GPS

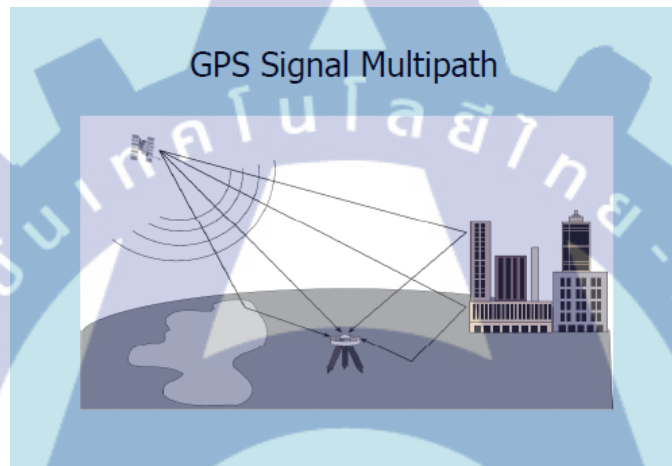
เราได้ทำการตั้งค่าให้ GPS ส่งเพียงข้อมูลพิกัดบนพื้นโลก เป็นค่าละติจูด และลองจิจูด เท่านั้น

4.2.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของ GPS

สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมมายังพื้นโลก มีลักษณะเป็นคลื่นวิทยุ ซึ่งมีคุณสมบัติการหักเห เบี่ยงเบน และการสะท้อน ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้น

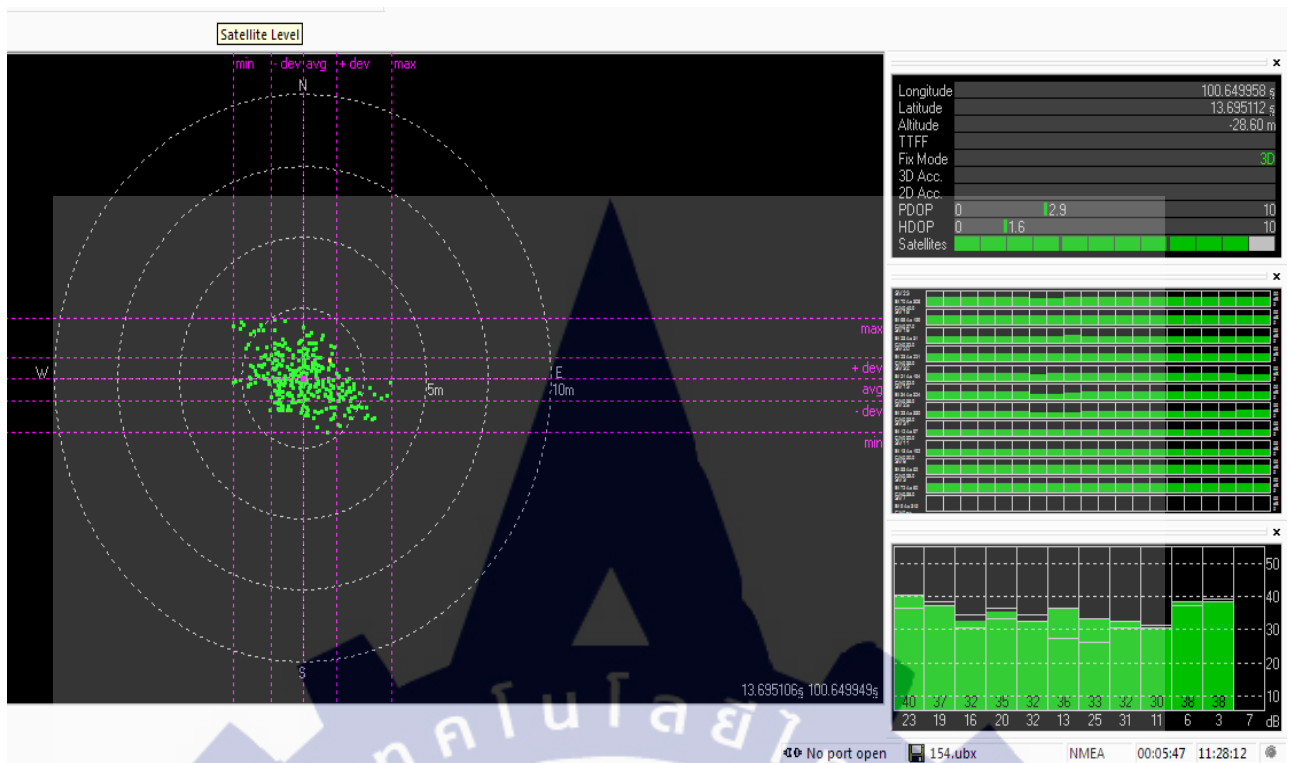
- สิ่งปลูกสร้างรอบข้าง

จากผลการทดลอง พบว่าหากมีสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ เช่น อาคาร อยู่ใกล้บริเวณที่ทำการ วัดค่า จะทำให้เกิดค่าผิดพลาดเนื่องจากการสะท้อนของสัญญาณกับตัวอาคาร ดังรูป 4.9

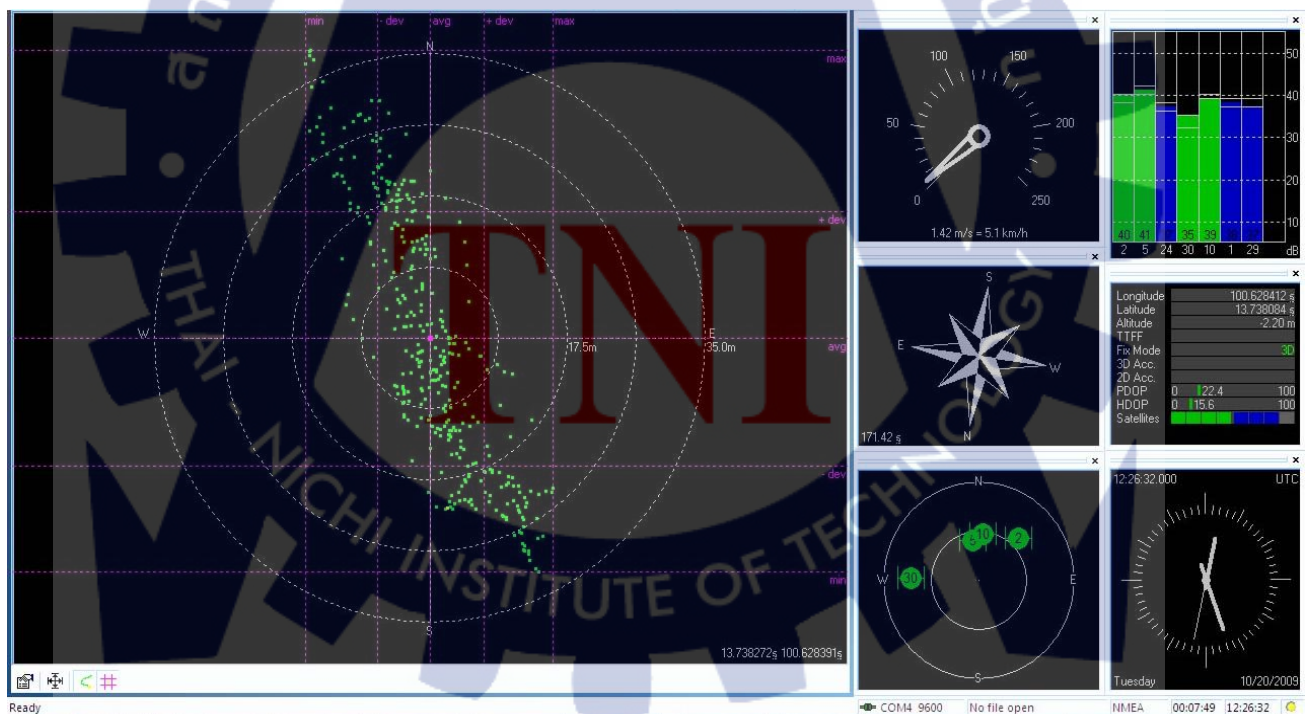


รูปที่ 4.9 การสะท้อนของสัญญาณกับสิ่งปลูกสร้าง

และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการวัดค่าบนดาดฟ้าของอาคาร หรือพื้นที่โล่ง กับ ด้านข้างอาคารสามารถสังเกตข้อแตกต่างได้อย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.10 สัญญาณที่วัดได้ขณะทำการวัดบนคาบฟ้าของอาคาร



รูปที่ 4.11 สัญญาณที่วัดได้ขณะทำการวัดจากด้านข้างของอาคาร

จากรูปจะสังเกตได้ว่าสัญญาณที่วัดได้ขณะทำการวัดบนคานฟ้าของอาคารนั้นมีความเที่ยงตรงค่อนข้างสูง มีระยะความผิดพลาดเพียง 3 เมตร เนื่องจากสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้หลายดวง และหลายตำแหน่ง แต่สัญญาณที่วัดได้ขณะทำการวัดจากด้านข้างของอาคารจะค่าที่เที่ยงตรงน้อย โดยค่าที่วัดได้กระจายเป็นกลุ่มลักษณะคล้ายเส้นเฉียง มีระยะความผิดพลาดมากถึง 15 เมตร เนื่องจากสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้เพียงด้านเดียว ส่วนสัญญาณจากดาวเทียมที่อยู่อีกฟากไม่สามารถผ่านโครงสร้างของอาคารมาได้

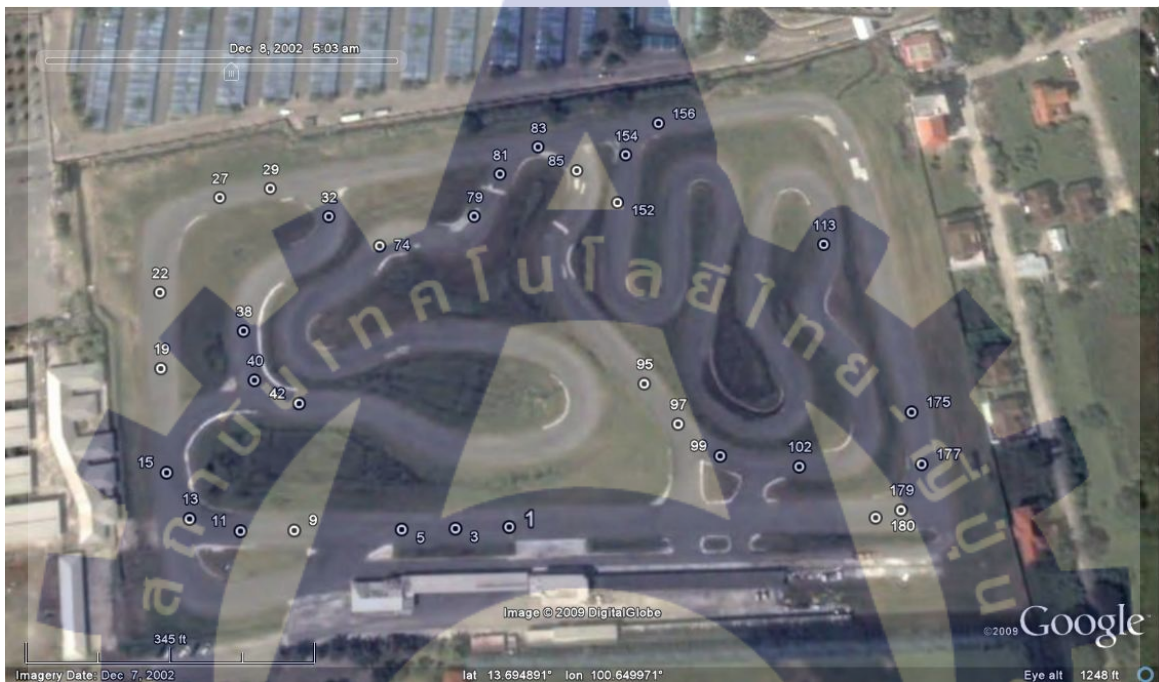
- ปัจจัยอื่น ๆ

ความถูกต้องของตำแหน่งที่หาได้จากระบบพิกัดดาวเทียมนั้น มีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก เช่น

- จำนวนดาวเทียม จำนวนยิ่งมากยิ่งมีโอกาสที่จะได้ความถูกต้องที่สูงขึ้นจากการวิเคราะห์ตำแหน่ง
- ตำแหน่งและการเรียงตัวของดาวเทียม (satellite configuration)
- ชนิดของสัญญาณที่นำมาใช้วิเคราะห์ (code หรือ phase หรือทั้งสองอย่าง)
- จำนวนสัญญาณคลื่นความถี่ (ความถี่เดี่ยว หรือ ความถี่คู่ หรือ มากกว่า)
- วิธีการวิเคราะห์ (วิเคราะห์ตำแหน่งแบบเชิงเดี่ยว (single หรือ precise point positioning) หรือ ตำแหน่งสัมพัทธ์ (relative positioning)
- เทคนิคการขจัดผลกระทบเนื่องจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere เป็นชั้นอากาศเบาบางที่ประกอบด้วยแก๊สที่แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ)
- เทคนิคการประมาณผลกระทบจากโทรโปสเฟียร์ (troposphere เป็นชั้นอากาศที่เราอาศัยอยู่)
- คุณภาพของข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมว่าใช้จากแหล่งใด (ข้อมูลนำหนnavigation message หรือ ข้อมูลจาก IGS (final ephemeris product SP3))
- ผลกระทบเนื่องจากสหวิถี (multi-path) ซึ่งเป็นผลจากการสะท้อนของสัญญาณ
- การผสมผสานระบบดาวเทียมหลาย ๆ อย่าง (ที่เรียก GNSS (Global Navigation Satellite System))
- ผลกระทบอื่น ๆ (random noise error)
- ความสามารถในการกรองข้อมูล (data filtering technique)

4.2.3 วิธีการนำทางโดยใช้ การนำพิกัดของ GPS

ได้ทำการตั้งค่าพิกัดของจุดบนแผนที่ที่เป็นพิกัดอ้างอิง โดยจะตั้งจุด way-point ที่พื้ลือตบนแผนที่อ้างอิงจาก Google Earth ดังรูป 4.12 โดยการกำหนด way-point จะกำหนด ตามเส้นทาง โดยเฉพาะ ทุก ๆ หัวโค้ง และทางร่วมทางแยก เพื่อให้รถวิ่งไปยังจุดต่าง ๆ ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ และทำให้รู้ว่าถึงทางแยกใด ควรเลี้ยวไปยังเส้นทางใด



รูป 4.12 ตำแหน่งที่ตั้ง way point ของสนามแข่งขัน

4.3 การแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทย

ผลการแข่งขันสร้างรถอัจฉริยะชิงแชมป์ประเทศไทยรอบคัดเลือก วันที่ 02/06/09

1. ชื่นชัย (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย)

คะแนน: 2,749.00 (1,849.00+900) เวลา: 14.52 นาที

2. พักจี (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย)

คะแนน: 2,649.00 (1,849.00+800) เวลา: 12.54 นาที

3. Air Force II (โรงเรียนนายเรืออากาศ)

คะแนน: 2,549.00 (1,849.00+700) เวลา: 19.50 นาที

4. Duck Riders (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

คะแนน: 2,449.00 (1,849.00+600) เวลา: 9.19 นาที

5. Dark Horse (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

คะแนน: 798.78 (598.78+200) เวลา: 3.35 นาที

6. Zigzag (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

คะแนน: 287.20 (287.20+0) เวลา: 4.42 นาที

7. BlackList (มหาวิทยาลัยนเรศวร)

คะแนน: 284.24 (284.24+0) เวลา: 2.24 นาที

8. Arrive-II (มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง)

คะแนน: 280.0 (280.0+0) เวลา: 3.50 นาที

9. BARTLAB Vehiculum (มหาวิทยาลัยมหิดล)

คะแนน: 143.35 (143.35+0) เวลา: 7.17 นาที

10. SURVIVOR_TE&TT (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

คะแนน: 117.85 (117.85+0) เวลา: 4.59 นาที

11. Real (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

คะแนน: 110.92 (110.92+0) เวลา: 2.23 นาที

12. Tuk-tuk Cyber (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร)

คะแนน: 91.45 (91.45+0) เวลา: 5.11 นาที

13. ESL Team (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

คะแนน: 76.25 (76.25+0) เวลา: 4.26 นาที

14. Blue-Lotus (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

คะแนน: 75.54 (75.54+0) เวลา: 7.42 นาที

15. ลูกเจ้าแม่คลองประปา (มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต)

คะแนน: 51.12 (51.12+0) เวลา: 4.49 นาที

16. Kimochii - Thai (Nichi Institute of Technology)

คะแนน: 36.84 (36.84+0) เวลา: 5.02 นาที

17. ศรีมหาโพธิ์ (วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี)

คะแนน: 29.60 (29.60+0) เวลา: 4.59 นาที

18. Interceptor (มหาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

คะแนน: 24.02 (24.02+0) เวลา: 5.24 นาที

19. Mactro SUT (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

คะแนน: 22.28 (22.28+0) เวลา: 4.29 นาที

20. เฉิน (สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร)

คะแนน: 15.60 (15.60+0) เวลา: 5.03 นาที

21. Plasma-IV (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

คะแนน: 0.0 (0+0) เวลา: 0.0 นาที

*** ทีมใน 8 อันดับแรกคือทีมที่ผ่านเข้าสู่รอบชิงชนะเลิศ

ทีมของสถาบันที่ส่งไป ใช้ชื่อว่าทีม Kimochii - TNI (Thai-Nichi Institute of Technology) ซึ่งได้อันดับที่ 16 ถือว่าประสบความสำเร็จอยู่ในระดับหนึ่ง เนื่องจากเข้าแข่งขันเป็นปีแรก ซึ่งปัญหาที่พบก็คือ

1. เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากGPSมีความล่าช้า ต้องรอสัญญาณจากดาวเทียม ทำให้ส่งผลกระทบต่อการประมวลผลโดยรวม จึงทำให้ต้องตัดระบบGPS ออกในการแข่งขันจริง

2. การประมวลผล

- ระบบการประมวลผลภาพ ต้องปรับค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสม กับความเข้มแสงขณะนั้น เมื่อแสงเปลี่ยนจะทำให้ภาพที่ได้ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ทำให้การประมวลผลเกิดความผิดพลาด ดังภาพด้านบน

- การถ่วงค่าน้ำหนักของการหามุมที่รถควรจะเลี้ยวไป ยังไม่ดีพอ ซึ่งที่ผ่านมาใช้สมการเส้นตรงมาถ่วงค่าน้ำหนักตามความเหมาะสม แต่ก็ยังไม่สามารถหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลา

3. ควบคุมล้อ

การปรับองศาล้อยังตอบสนองได้ไม่รวดเร็วพอ เนื่องจากปัญหาทางด้านอุปกรณ์ Motor Driver ไม่สามารถรับแรงดัน 24V ได้ จึงต้องใช้แรงดัน12V แทน ทำให้ความเร็วในการปรับองศา ล้อลดลงถึง 50%

เนื่องจากระบบหลักทั้งสามที่กล่าวข้างต้นเป็นระบบหลักโดยเฉพาะการควบคุมล้อ ที่ยังไม่สามารถตอบสนองการสั่งงานได้ทันทั่วทั้งที่ จึงทำให้รถไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ดีตามเป้าหมาย โดยมีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายงูเลื้อย วิ่งจากขอบของถนนด้านหนึ่งไปยังขอบถนนอีกด้านหนึ่ง โดยลักษณะการเลื้อยจะเพิ่มมากขึ้นจนล้อไม่สามารถหมุนได้ทัน ทำให้รถตกขอบถนนไปในที่สุด



ภาคผนวก

บรรณานุกรม

- [1] “สถิติการเกิดอุบัติเหตุ” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
(<http://www.roadsafety.disaster.go.th/>). 2552 .
- [2] “The Six Finishers of the DARPA Urban Challenge” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
(<http://www.darpa.mil/grandchallenge/index.asp>). 2552
- [3] “ผลการแข่งขัน Thailand Intelligent Vehicle Challenge” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
(<http://www.ise.ait.ac.th/TIVChallenge/index.htm>). 2552
- [4] Stanford Racing Team, “Stanford’s Robotic Vehicle “Junior:” Interim Report”
Technical Papers DAPRA Grand Challenge 2007, April, 2007.
- [5] สมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย. รายงานสรุปโครงการวิจัย “การศึกษการพัฒนาารถอัจฉริยะ”;
รายงานเสนอ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, สำนักงานพัฒนา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2004
- [6] R. Labayrade, D. Aubert and J. Tarel , “Real Time Obstacle Detection in Stereovision on
Non Flat Road Geometry Through “V-disparity” Representation,” Intelligent Vehicle
Symposium , pp. 646 – 651, 2002.
- [7] Sebastion Thrun. et al., “Stanley: The Robot That Won The DARPA Grand Challenge”,
Technical Report, Stanford Artificial Intelligence Laboratory Stanford, University
Stanford, 2005.
- [8] Alberto Broggi, Stefano Cattani, Pier Paolo Porta, Paolo Zani, “A Laserscanner-Vision
Fusion System Implemented on the TerraMax Autonomous Vehicle”, IEEE/RSJ International
Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2006), Beijing, October 2006.