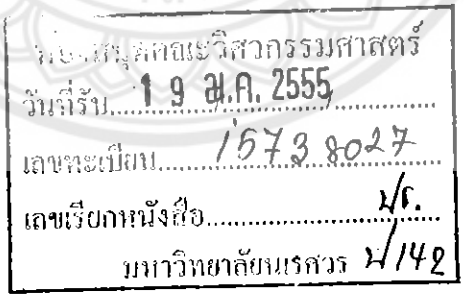
การพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกตำแหน่งที่ตั้งโลก

(Intelligent Unmanned Vehicle Development Using GPS)

นายปฐมพี หอมสอาด รหัส 49362796

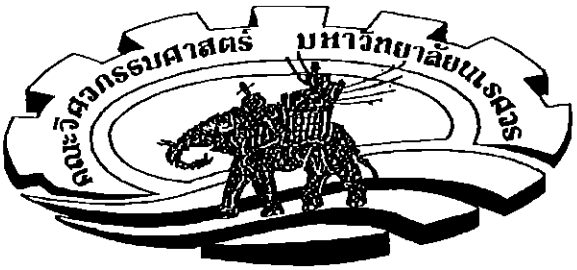


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552



ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน การพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลก

ผู้ดำเนินโครงงาน นายปฐมพี หอมสอาด รหัสนิสิต 49362796

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.เศรษฐา ตั้งค้าวานิช

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

.....กรรมการ
(อาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม)

.....กรรมการ
(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

หัวข้อโครงงาน	**การพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลก**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายปฐมพี หอมสอาด รหัส 49362796**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อ.เศรษฐา ตั้งค้าวานิช**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมคอมพิวเตอร์**
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**
ปีการศึกษา	2552

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกพิกัดบนพื้นโลก สำหรับรถอัจฉริยะไร้คนขับนั้นจะมาช่วยเพิ่มศักยภาพในระบบขานยนต์ขนส่งให้มีความทันสมัย และเหมาะกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันมากขึ้น ซึ่งในระบบนี้จะเป็นการนำเทคโนโลยีของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System) สำหรับในการทำงานนั้นจะใช้โมดูลระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกในการรับค่าพิกัดภูมิศาสตร์และโมดูลเข็มทิศดิจิตอล (Compass) ในการหาค่าทิศทางในการเคลื่อนที่ของรถแล้วทำการส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์ประมวลผลร่วมกับระบบวิทัศน์แล้วนำไปควบคุมระบบต่างๆของรถให้เคลื่อนที่ไปยังเส้นทางที่ต้องการ

Project title	Intelligent Unmanned Vehicle Development using GPS
Name	Mr.Pathompee Homsaard ID. 49362796
Project advisor	Mr.Settha Thangkawanit
Major	Computer Engineering.
Department	Electrical and Computer Engineering.
Academic year	2008

ABSTRACT

This project studies is development of unmanned vehicles intelligence by coordinate system on earth. This Intelligent unmanned vehicle will empower an automotive transportation system in the current environment. In this system, a technology system that identify the location on earth for the work that will use GPS (Global Positioning System) modules to inherit geographic coordinates and digital compass module (Compass) to determine the direction and movement of vehicles. And then sent up to process with computer vision system and then switch to the control systems of the car to move to the path you want.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สำเร็จด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห และอาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม ที่กรุณาให้คำที่ปรึกษา แนะนำวิธีการในการทำงาน ตลอดถึงการตรวจสอบการทำงานพร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขตลอดระยะเวลาทำโครงงาน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านและเพื่อนๆพี่ๆทุกคนที่ยังไม่ได้เอ่ยนามที่คอยสนับสนุนในการทำโครงงานครั้งนี้

นายปฐมพี หอมสอาด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบข่ายงาน 2

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน 2

1.5 แผนการดำเนินงาน 3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.7 งบประมาณของโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 5

2.1 ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก 5

2.2 NMEA sentence 8

2.3 อัลกอริทึมในการหาระยะทาง 11

2.3.1 Haversine formula 11

2.4 เทคนิคการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS และ DD 11

2.4.1 หน่วยแบบ DMS (Degree Minute Second) 12

2.4.2 หน่วยแบบ DD (Decimal Degree) 12

2.5 ทฤษฎีของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 14

2.5.1 การปรับตั้งค่าทิศทางอ้างอิงแก่โมดูเข็มทิศดิจิตอล 15

2.5.2 การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 15

2.6 การกรองสัญญาณดิจิตอล 15

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบ 17

ระบบโดยรวมของรถอัจฉริยะ 17

3.1 ระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกในส่วนของระบบภายนอก 19

3.1.1 โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก 20

3.1.2 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล (Compass) 21

3.1.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ สายต่อ USB to Serial 22

3.2 ระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกในส่วนของระบบภายใน 25

บทที่ 4 การทดสอบระบบ 29

4.1 ความคาดเคลื่อนของพิกัดในจุดเดียวกัน 29

4.1.1 การทดสอบบนถนนที่โล่ง 29

4.1.2 ทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม 31

4.1.3 ทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ 32

4.2 ทิศทางในการเข้าหาจุด 34

4.2.1 ทดสอบทางตรง 34

4.2.2 ทดสอบทางโค้ง 36

4.2.3 ทดสอบการเข้าหาจุดในทิศทางที่แตกต่างกัน 38

4.3 ทดสอบโปรแกรมที่ทำการพัฒนา 39

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 43

5.1 ผลการดำเนินงาน 43

5.2 ปัญหาที่พบในการพัฒนาระบบ 44

5.3 ข้อเสนอแนะ 44

เอกสารอ้างอิง 45

ภาคผนวก ก 46

ภาคผนวก ข 51

ภาคผนวก ค 54

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 58

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ 3

4.1 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่โล่ง
ช่วงเวลาประมาณ17.20 น. – 18.15 น. 29

4.2 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่โล่ง
ช่วงเวลาประมาณ23.10 น. – 23.55 น. 30

4.3 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม 31
ช่วงเวลาประมาณ 17.20 น. – 18.15 น. 31

4.4 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม 31
ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น. 31

4.4 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม 32
ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น.(ต่อ) 32

4.5 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ 32
ช่วงเวลาประมาณ 17.20 น. – 18.15 น. 32

4.6 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ 33
ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น. 33

4.7 แสดงค่าทิศทางในการเคลื่อนที่ทางตรง 36

4.8 แสดงค่าทิศทางในการเคลื่อนที่ทางโค้ง 37

4.9 แสดงค่าทิศทางในการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในทิศทางที่แตกต่างกัน 39

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงดาวเทียมที่โคจรรอบโลก 6
2.2 แสดงตำแหน่งของดาวเทียมขณะส่งสัญญาณมายังเครื่องรับ 7
2.3 การแปลง DMS เป็นหน่วย DD 13
2.4 การแปลง DD เป็นหน่วย DMS 13
3.1 โครงสร้างและระบบโดยรวมของรถอัจฉริยะ 17
3.2 แสดงระบบควบคุมโดยรวมของรถอัจฉริยะ 18
3.3 แสดงแผนที่ในการเดินทาง 19
3.4 โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก 20
3.5 แสดงค่าที่รับจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก 21
3.6 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล 21
3.7 แสดงวงจรของบอร์ด ADX-CMPS03 และการเชื่อมต่อกับโมดูล CMPS03 22
3.9 แสดงค่าที่ได้รับจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล ในขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่ 23
3.10 รูปแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 23
3.11 แสดงอุปกรณ์เมื่อต่อเสร็จ 24
3.12 แสดง FLOW CHART การทำงานของโปรแกรม 25
3.13 แสดงค่าที่นำใช้ในโปรแกรม 27
3.14 แสดงโปรแกรมส่วนของอินพุต 27
3.15 รูปแสดงโปรแกรมส่วนของเอาพุตต์ 28
3.16 แสดงหน้า GUI 28
4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่รับจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล กับทิศทาง 34
4.2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่ออยู่ตรงกลางถนน 34
4.3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่ออยู่ชิดขอบถนนด้านซ้าย 35
4.4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่ออยู่ชิดขอบถนนด้านขวา 35
4.5 แสดงแผนที่ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนในทางตรง 35
4.6 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่อเป็นทางโค้ง 36
4.7 แสดงแผนที่ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนในทางโค้ง 37
4.8 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในเส้นทางที่แตกต่างกัน 38
4.9 แสดงการเข้าหาจุดในทิศทางที่ต่างกัน 38

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.10 แสดงเส้นทางที่ใช้ในการทดสอบ 40
4.11 แสดงการทำงานที่จุดเริ่มต้น 40
4.12 แสดงการทำงานเมื่อถึงจุดสิ้นสุด 41
4.13 แสดงค่า LOG FILE ที่บันทึกค่าการทดสอบโปรแกรม 42
4.14 แสดงกราฟที่ได้จากค่าของพิกัดที่ทำการทดสอบ 42
ค-1 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง JOIN 54
ค-2 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง STARTSWITH และคำสั่ง ENDSWITH 55
ค-3 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง INDEXOF 55
ค-4 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง SUBSTRING 56
ค-5 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง REPLACE 56
ค-6 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง REMOVE 56
ค-7 แสดงค่า OUTPUT ของคำสั่ง INSERT 57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

โดยทั่วไป รถยนต์จะต้องอาศัยมนุษย์ในการควบคุมรถ ทั้งการขับเคลื่อนรถ และตัดสินใจเมื่อเจอกับเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันความต้องการในการเพิ่มศักยภาพของระบบยานยนต์ขนส่งอัจฉริยะมีมากขึ้น และหนึ่งในการพัฒนาระบบดังกล่าว คือ การพัฒนาระบบควบคุมรถอัจฉริยะไร้คนขับ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น การช่วยเหลือคนพิการที่ไม่สามารถควบคุมรถได้, การนำไปใช้งานกับสถานที่ที่มนุษย์ไม่สามารถทำงานได้ เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบควบคุมรถอัจฉริยะไร้คนขับขึ้น

ในรถอัจฉริยะนั้นได้นำเทคโนโลยีของระบบที่ใช้ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) โดยอาศัยการคำนวณพิกัดจากดาวเทียมระบุตำแหน่งจำนวน 24 ดวง ทำให้สามารถชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอด 24 ชั่วโมง มาใช้ร่วมกับโมดูลเข็มทิศดิจิตอล (Compass) ในการพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลกขึ้นมา

การพัฒนานี้ใช้อุปกรณ์โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก (Module GPS) ของ ublox รุ่น LEA-4S-0-000 และโมดูลเข็มทิศดิจิตอล ต่อเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการรับค่าจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก แล้วนำมาคัดกรองค่าพิกัดของละติจูดและลองกิจูดที่ได้จากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก และค่าของทิศทางจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล เพื่อส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลร่วมกันกับระบบวิทัศน์แล้วนำไปใช้ควบคุมระบบต่างๆ ของรถให้เคลื่อนที่ไปยังเส้นทางที่ต้องการ สำหรับการพัฒนานี้ได้ทำการทดสอบและรันโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ XP และโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2005 ในการพัฒนาโปแกรมด้วยภาษา C#

สำหรับผลที่คาดว่าจะได้จากการจัดทำโครงงานนี้คือ รถสามารถขับเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดได้เองโดยไร้คนขับ และคาดว่าในอนาคตจะสามารถนำไปใช้งานได้จริงในการเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1.2.2 เพื่อพัฒนารถที่ไม่มีคนขับให้มีประสิทธิภาพที่พร้อมสำหรับการใช้งานจริง

1.2.3 เพื่อจัดทำโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถโดยทำงานร่วมกับโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก และโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

1.2.4 เพื่อทำการทดสอบโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถอัจฉริยะและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลที่ได้ นำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

1.3 ขอบข่ายงาน

1.3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

1.3.2 ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการหาค่าพิกัดบนพื้นโลก

1.3.3 จัดทำโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถโดยทำงานร่วมกับโมดูลจีพีเอส

1.3.4 ทำการทดลองใช้และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.3.5 ไม่สามารถทำงานได้ในขณะที่ท้องฟ้าไม่ปลอดโปร่ง ฝนตก เพราะว่าจะทำให้สัญญาณที่รับจากดาวเทียมมีความคาดเคลื่อน

1.3.6 ใช้โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก 1 ตัว และโมดูลเข็มทิศดิจิตอล 1 ตัว

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

1.4.2 ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการหาค่าพิกัดบนพื้นโลก

1.4.3 เก็บค่าพิกัดบนพื้นโลกเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยที่จะนำไปใช้งานจริง

1.4.4 จัดทำโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถโดยทำงานร่วมกับโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก

1.4.5 ทำการทดลองใช้และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.4.6 สรุปงานและจัดทำรายงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ปี 2552							ปี 2553		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.5.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	←	→								
1.5.2 ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการหาค่าพิกัดบนพื้นโลก		←	→							
1.5.3 เก็บค่าพิกัดบนพื้นโลกเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยที่จะนำไปใช้งานจริง			←	→						
1.5.4 จัดทำโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถโดยทำงานร่วมกับโมดูลจีพีเอส				←	—	→				
1.5.5 ทำการทดลองใช้และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น						←	→			
1.5.6 สรุปงานและจัดทำรายงาน								←	—	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เข้าใจหลักการทำงานของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

1.6.2 สามารถนำระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.6.3 สามารถสร้างโปรแกรมที่ใช้ควบคุมรถโดยทำงานร่วมกับโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกได้

1.6.4 โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.7 งบประมาณของโครงงาน

1.7.1 ค่าไมโครคอนโทรลเลอร์	เป็นเงิน	800	บาท
1.7.2 ค่าจัดทำรายงาน	เป็นเงิน	1,000	บาท
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	1,800	บาท

(หนึ่งพันแปดร้อยบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในการนำระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกไปใช้พัฒนารถอัจฉริยะนั้น ต้องมีการศึกษาหลักการและทฤษฎีต่างๆเพื่อนำไปประยุกต์และช่วยในการตัดสินใจของรถอัจฉริยะ ดังนี้

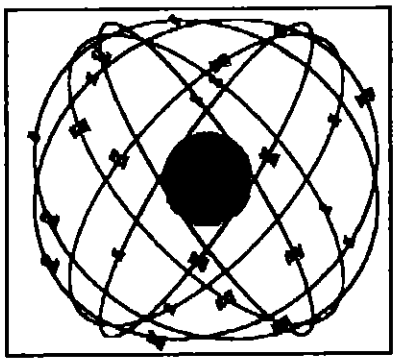
2.1 ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก(Global Positioning System: GPS)

ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก [4] จะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวงโคจรอยู่ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมงจากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูงโดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตรและถ้ารังวัดแบบวิธี "อนุพันธ์" (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกที่มีขนาดเล็กลง

ปัจจุบันมีการนำระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกมาใช้งานในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจอาทิเช่น ภูมิศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก มาใช้ในการกำหนดขอบเขตและจุดที่แน่นอนของป่าสงวน และอุทยาน ใช้ในการบอกตำแหน่งเพื่อใช้ออกงานวงรอบ (TRAVERS) การใช้ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกในการสำรวจภูมิประเทศเพื่อทำแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour) และงานถนนหรือแม้แต่การนำระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกมาใช้ตรวจสอบรายละเอียดความถูกต้องของงานโครงข่ายสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นต้น

การทำงานของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก

ดาวเทียมของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวง โดยแบ่งเป็น 6 รอบวงโคจร การโคจรจะเอียงทำมุมเอียง 55 องศากับเส้นศูนย์สูตร (Equator)ในลักษณะสานกันคล้าย ลูกตะกร้อแต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง รัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม. หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้ เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง



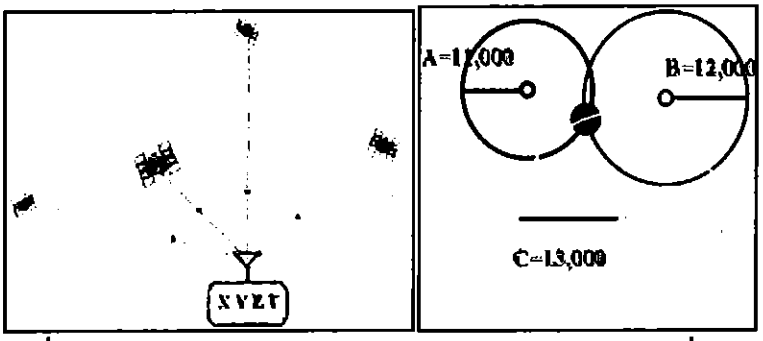
รูปที่ 2.1 แสดงดาวเทียมที่โคจรรอบโลก

ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก ทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวง โดยสัญญาณดาวเทียมนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่งและเวลาขณะส่งสัญญาณ ตัวเครื่องรับสัญญาณของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกจะต้องประมวลผลความแตกต่างของเวลาในการรับสัญญาณเทียบกับเวลาจริง ณ ปัจจุบันเพื่อแปรเป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งได้ระบุมีตำแหน่งของมันมากับสัญญาณดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม ต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งบนผิวโลก ซึ่งระยะห่างจากดาวเทียมทั้ง 3 กับเครื่องรับของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก จะสามารถระบุตำแหน่งบนผิวโลกได้หากพื้นโลกอยู่ในแนวระนาบแต่ในความเป็นจริงพื้นโลกมีความโค้งเนื่องจากสัณฐานของโลกมีลักษณะกลมดังนั้นดาวเทียมดวงที่ 4 จะทำให้สามารถคำนวณเรื่องความสูงเพื่อทำให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น การวัดระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับทำได้โดยใช้สูตรคำนวณ

ระยะทาง = ความเร็ว * ระยะเวลา (2.1)

วัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุส่งจากดาวเทียมมายังเครื่องรับของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก คูณด้วยความเร็วของคลื่นวิทยุจะเท่ากับระยะทางที่เครื่องรับ อยู่ห่างจากดาวเทียม โดยเวลาที่วัดได้มาจากนาฬิกาของดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูงมีความละเอียดถึงนาโนวินาที และมีการสอบทวนเสมอๆกับสถานีภาคพื้นดิน

องค์ประกอบสุดท้ายก็คือตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงในขณะที่ส่งสัญญาณมาว่าอยู่ที่ใด(Almanac) มายังเครื่องรับของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกโดยวงโคจรของดาวเทียมได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วเมื่อถูกส่งขึ้นสู่อวกาศ สถานีควบคุมจะคอยตรวจสอบการโคจรของดาวเทียมอยู่ตลอดเวลาเพื่อทวนสอบความถูกต้อง



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของดาวเทียมขณะส่งสัญญาณมายังเครื่องรับ

ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง กล่าวคือ ถ้าระยะห่างระหว่างดาวเทียมที่ใช้งานอยู่ห่างกันย่อมให้ค่าที่แม่นยำกว่าที่อยู่ใกล้กัน และยิ่งมีจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้มากก็ยิ่งให้ความแม่นยำมากขึ้น ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศชั้นบรรยากาศประกอบด้วยประจุไฟฟ้า ความชื้น อุณหภูมิ และความหนาแน่นที่แปรปรวนตลอดเวลา คลื่นเมื่อตกกระทบ กับวัตถุต่างๆ จะเกิดการหักเหทำให้สัญญาณที่ได้อ่อนลง และสิ่งแวดล้อมในบริเวณรับสัญญาณเช่นมีการบดบังจากกระจก ละอองน้ำ ใบไม้ จะมีผลต่อค่าความถูกต้องของความแม่นยำ เนื่องจากถ้าสัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเหก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้จากเครื่องรับสัญญาณเพี้ยนไป และสุดท้ายก็คือประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณว่ามีความไวในการรับสัญญาณแค่ไหนและความเร็วในการประมวลผลด้วย

ค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูด

ละติจูด [1] คือระยะทางซึ่งวัดเป็นมุมไปทางทิศเหนือหรือทางทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นละติจูดจะอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ การบอกค่าละติจูดนั้นสามารถบอกได้ว่าละติจูดนั้นๆอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรไปทางเหนือหรือทางใต้เป็นระยะทางกี่องศา ลิปดา ฟิลิปดา เช่น 12องศ 17 ลิปดา 20 ฟิลิปดาเหนือ (12° 17' 20" เหนือ)

ลองกิจูด คือระยะทางซึ่งวัดเป็นมุมไปทางตะวันออกหรือตะวันตกของเส้นเมอริเดียนแรกเริ่ม ตำแหน่งของลองกิจูดบนเมอริเดียนแรกเริ่มคือลองกิจูด 0 องศาการบอกค่าลองกิจูดจะบอกได้ว่าลองกิจูดนั้นๆอยู่ห่างจากเมอริเดียนแรกเริ่มไปทางตะวันออกหรือตะวันตกเป็นระยะทางกี่องศา ลิปดา ฟิลิปดา เช่น ลองกิจูด 97 องศา 13 ลิปดา 15 ฟิลิปดา ตะวันออก หมายความว่าลองกิจูดดังกล่าวอยู่ทางตะวันออกของเมอริเดียนแรกเริ่ม 90° 13' 15" เป็นต้น

2.2 NMEA sentence

เป็นโปโตคอลมาตรฐานที่พัฒนาโดย Nation Marine Electronics Association (NEMA) [6] ในตัว NEMA นั้นมีรายละเอียดและชนิดของ sentences ย่อยไปตามประเภทการใช้งานโดยจะรวบรวม information หลักๆของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกไว้สำหรับค่าที่รับมาจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก จะเป็นดังนี้

$GPRMC,234117.123,A,1348.5328,N,10041.3130,E,0.00,,300608,,*15

$GPGGA,234118.123,1348.5329,N,10041.3130,E,1,04,2.8,-48.3,M,-27.5,M,0.0,0000*48

$GPGSA,A,3,24,29,15,09,,,,,,,,,10.9,2.8,10.5*34

$GPRMC,234118.123,A,1348.5329,N,10041.3130,E,0.00,,300608,,*1B

$GPGGA,234119.123,1348.5330,N,10041.3129,E,1,04,2.8,-49.1,M,-27.5,M,0.0,0000*4A

$GPGSA,A,3,24,29,15,09,,,,,,,,,11.0,2.8,10.6*3F

$GPRMC,234119.123,A,1348.5330,N,10041.3129,E,0.00,,300608,,*1A

$GPGGA,234120.123,1348.5331,N,10041.3129,E,1,04,2.8,-50.0,M,-27.5,M,0.0,0000*48

$GPGSA,A,3,24,29,15,09,,,,,,,,,11.0,2.8,10.6*3F

$GPRMC,234120.123,A,1348.5331,N,10041.3129,E,0.00,,300608,,*11

$GPGGA,234121.123,1348.5332,N,10041.3128,E,1,04,2.8,-50.9,M,-27.5,M,0.0,0000*42

$GPGSA,A,3,24,29,15,09,,,,,,,,,11.0,2.8,10.6*3F

$GPRMC,234121.123,A,1348.5332,N,10041.3128,E,0.00,,300608,,*12

$GPGGA,234122.123,1348.5333,N,10041.3127,E,1,04,2.8,-51.8,M,-27.5,M,0.0,0000*4F

$GPGSA,A,3,24,29,15,09,,,,,,,,,11.0,2.8,10.6*3F

$GPGSV,3,1,12,24,61,026,42,29,56,234,46,15,48,023,38,09,40,150,40*7B

$GPGSV,3,2,12,26,34,027,00,21,30,331,00,18,28,305,00,02,12,124,00*7F

$GPGSV,3,3,12,05,08,185,00,10,08,061,00,30,07,206,00,12,06,171,00*77

เมื่อรับค่าของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกมาแล้วการที่จะเอาค่าเหล่านี้ไปใช้นั้นจำเป็นต้องรู้ว่าค่าเหล่านั้นมีความหมายว่าอย่างไร จากค่ามาตรฐานของ NEMA ได้กำหนดไว้ดังนี้

- AAM – สัญญาณเตือนเมื่อมาถึง Waypoint
- ALM – ข้อมูล Almanac
- APA – ประโยคที่ใช้นำทางนักบินอัตโนมัติ
- BOD – ความสัมพันธ์จากจุดเริ่มต้นจนถึงปลายทาง
- BWC – ความสัมพันธ์จากเส้นศูนย์สูตร

- DTM – สถิติข้อมูลที่นำไปใช้
- GGA – ข้อมูลที่กำหนดไว้
- GLL – ข้อมูล ละติจูด ลองกิจูด
- GRS – GPS Range Residuals
- GSA – ข้อมูลของดาวเทียมทั้งหมด
- GST – สถิติของสัญญาณรบกวนของ GPS
- GSV – ข้อมูลรายละเอียดของดาวเทียม
- MSK – ควบคุมการรับส่งสัญญาณ
- MSS – แสดงสถานะของสัญญาณที่รับมา
- RMA – แนะนำข้อมูลของ Loran
- RMB – แนะนำข้อมูล GPS สำหรับการเดินเรือ
- RMC – แนะนำข้อมูลขั้นต่ำของ GPS
- RTE – ข่าวสารของเส้นทาง
- TRF – ข้อมูลที่กำหนดเมื่อมีการโคจรผ่าน
- STN - ID ต่างๆของข้อมูล
- VBW - dual Ground / Water Speed
- VTG – เวกเตอร์ติดตามความเร็วบนพื้นดิน
- WCV - อัตราความเร็วปิดของ Waypoint (อัตราความเร็วที่ดี)
- WPL – บอกที่ตั้งของ Waypoint
- XTC – ข้อผิดพลาดของทางที่ตัดกัน
- XTE – ข้อผิดพลาดของทางที่ตัดกันที่ได้ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
- ZTG – เวลาของเผ่าซูลูและเวลาที่จะไป(ถึงปลายทาง)
- ZDA – วันที่และเวลา
- HCHDG – ผลที่ได้รับจากเข็มทิศดิจิตอล
- PSLIB – การควบคุม DGPS ระยะไกล

การนำค่าที่รับมาจากโมดูลไปใช้งานก็สามารถนำไปเลือกเอาเฉพาะค่าที่ต้องการได้โดยสามารถรู้ได้ว่าค่าต่างๆนั้นมีความหมายอย่างไรตัวอย่างเช่น

GGA - ข้อมูลสำคัญที่กำหนดไว้เพื่อที่ตั้งและความถูกต้องของข้อมูล

$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47

Where:

GGA ข้อมูลที่กำหนดไว้เพื่อระบุตำแหน่งบนพื้นโลก

123519	กำหนดไว้ที่ 12:35:19 UTC
4807.038,N	ละติจูด 48 deg 07.038' N
01131.000,E	ลองกิจูด 11 deg 31.000' E
1	คุณสมบัติ: 0 = invalid
	1 = GPS fix (SPS)
	2 = DGPS fix
	3 = PPS fix
	4 = Real Time Kinematic
	5 = Float RTK
	6 = estimated (dead reckoning) (2.3 feature)
	7 = โหมดของของคู่มือการใช้
	8 = โหมดการจำลอง
08	จำนวนของดาวเทียม
0.9	ตำแหน่งความหนาแน่นตามแนวราบ
545.4,M	ความสูงของระดับน้ำทะเล (เมตร)
46.9,M	ความสูงของระดับน้ำทะเลที่ WGS84 ellipsoid
*47	the checksum data, always begins with *

HCHDG – ผลลัพธ์ที่ได้จากเข็มทิศดิจิตอล

$HCHDG, 101.1, 7.1, W*3C

Where:

HCHDG แม่เหล็กที่ส่วนหัว, ความคลาดเคลื่อน, การผันแปร

101.1 ส่วนหัว

„ ความคลาดเคลื่อน (ไม่มีข้อมูล)

7.1, W การผันแปร

จากตัวอย่างที่ข้างต้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของค่าที่รับเข้ามาซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่

http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm

2.3 อัลกอริทึมในการหาระยะทาง

ในการควบคุมรถอัจฉริยะนั้นจำเป็นต้องใช้อัลกอริทึมที่ช่วยในการตัดสินใจเพื่อใช้ค้นหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดซึ่งระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุด คือความยาวของส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดเหล่านั้น ในเรขาคณิตเชิงพีชคณิต (Algebraic geometry) สามารถหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดบนระนาบ xy โดยใช้สูตรต่อไปนี้ ระยะทางจาก (x_1, y_1) ไปยัง (x_2, y_2) คำนวณได้จาก

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.2)$$

2.3.1 Haversine formula

การคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดบนพื้นโลกโดยใช้สูตรของ Haversine [8] ซึ่งจะอนุมานว่าแผ่นดินเป็นทรงกลมโดยจะละเว้นภูเขา มีสูตรดังนี้

$$\mathrm{R} = \mathrm{earth's\ radius (mean\ radius} = 6{,}371\ \mathrm{km}) \quad (2.3)$$

$$\Delta lat = lat_2 - lat_1 \quad (2.4)$$

$$\Delta long = long_2 - long_1 \quad (2.5)$$

$$\mathrm{a} = sin^2(\tfrac{\Delta lat}{2}) + \cos(lat_1) \times \cos(lat_2) \times sin^2(\tfrac{\Delta long}{2}) \quad (2.6)$$

$$\mathrm{c} = 2 \times \mathrm{atan}^2(\sqrt{\mathrm{a}}, \sqrt{(1 - \mathrm{a})}) \quad (2.7)$$

$$d = R \times c \quad (2.8)$$

2.4 เทคนิคการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS และ DD

การแสดงพิกัดบนเครื่องรับสัญญาณของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกที่ใช้อยู่โดยทั่วไป ใน จะนิยมใช้แค่สองระบบเท่านั้น คือ พิกัดภูมิศาสตร์ และพิกัดกริด UTM (Universal Transverse Mercator) การอ่านค่าในระบบพิกัด UTM นั้นสามารถทำได้ง่าย เพราะอ่านตัวเลขตามค่าEast (X) และ ค่า North (Y) และหน่วยของ UTM เป็นเมตรอยู่แล้ว แต่การอ่านค่าระบบพิกัดภูมิศาสตร์นั้นค่อนข้างยุ่งยากเล็กน้อย จากสาเหตุที่เครื่องรับสัญญาณของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกบางรุ่นแสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ในหน่วยแบบที่เรียกว่า องศา ลิปดา ฟิลิปดา (DMS : Degree Minute Second) หรือแสดงเป็นหน่วยในระบบพิกัดแบบค่าตัวเลขทศนิยม (DD : Decimal Degree) [8] เพื่อนำไปใช้ในคอมพิวเตอร์ ฉะนั้นเมื่อต้องการใช้งานแบบใดแบบหนึ่ง จึงต้องมีการแปลงค่าหน่วย DMS เป็น DD หรือ DD เป็น DMS

2.4.1 หน่วยแบบ DMS (Degree Minute Second)

เหมือนกับหน่วยของเวลาที่บอกเวลาเป็น ชั่วโมง นาที และวินาที ส่วนค่าพิกัดภูมิศาสตร์จะใช้เป็น องศา ลิปดา และฟิลิปดา

- ค่าองศา (Degree) 1 องศา มี 60 ลิปดา
- ค่าลิปดา (Minute) 1 ลิปดา มี 60 พิลิปดา
- พิลิปดา (Second) 1 พิลิปดา มีค่า ระยะทางประมาณ 30.48 ม. หรือ 100 ฟุต

ตัวอย่างเช่น อำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์
ละติจูด 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดาเหนือ, ลองกิจูด 7 องศา 2 ลิปดา 25 พิลิปดา ตะวันออก

2.4.2 หน่วยแบบ DD (Decimal Degree)

หมายถึง ค่าตัวเลขทศนิยม ที่เป็นเลขฐานสิบในหน่วยแบบ DD ตัวอย่างเช่น อำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์

ละติจูด 100.45416 เหนือ, ลองติจูด 7.040277 ตะวันออก

วิธีการแปลงค่าหน่วย DMS และ DD มี 2 วิธี

วิธีที่1 ใช้บริการของเวบไซต์โดยนำค่าพิกัด DD หรือ DMS มาแปลงในเวบไซต์ http://www.gpsvisualizer.com/calculators ก็จะสามารถแปลงค่าพิกัดในหน่วย DD หรือ DMS

วิธีที่2 เป็นการแปลงด้วยวิธีคำนวณด้วยมือ

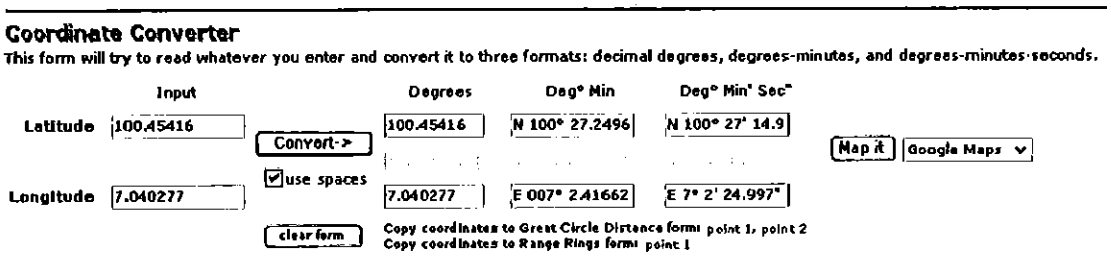
- วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS เป็นแบบ DD

นำค่า DMS มาแปลงเป็นหน่วยในระบบพิกัดแบบค่าตัวเลขทศนิยม DD เพื่อนำไปใช้ในคอมพิวเตอร์ได้โดยผ่านสมการนี้

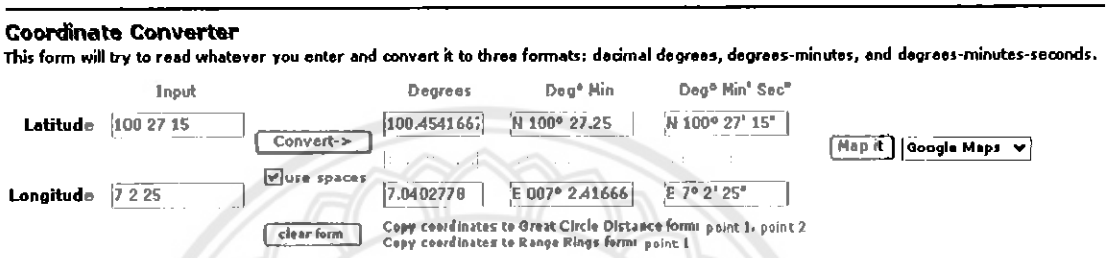
$$DD = Degree + \frac{((Minute \times 60) + Second)}{3600} \quad (2.9)$$

หรือ

$$DD = \frac{Seconds}{3600} + \frac{Minutes}{60} + Degree \quad (2.10)$$



รูปที่ 2.3 การแปลง DMS เป็นหน่วย DD



รูปที่ 2.4 การแปลง DD เป็นหน่วย DMS

ตัวอย่าง แปลงค่าพิกัดในหน่วย DMS ให้เป็น DD

อำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ ละติจูด 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา เหนือ **ลองกิจูด 7 องศา 2 ลิปดา 25** ฟิลิปดา ตะวันออก

จาก สมการ (2.9) จะได้

$$\text{ละติจูด} = 100 + \frac{((27\times60)+15)}{3600} = 100.45416 \qquad (2.11)$$

$$\text{ลองกิจูด} = 7 + \frac{((2\times60)+25)}{3600} = 7.040277 \qquad (2.12)$$

หรือจาก สมการ(2.10) จะได้

$$\textbf{ละติจูด} = \frac{15}{3600} + \frac{(27)}{60} + 100 = 100.45416 \qquad (2.13)$$

$$\textbf{ลองกิจูด} = \frac{25}{3600} + \frac{(2)}{60} + 7 = 7.040277 \qquad (2.14)$$

ดังนั้น ค่า DD ที่ตั้งอำเภอหาดใหญ่จะอยู่ที่ ละติจูด 100.45416 เหนือ, ลองกิจูด 7.040277 ตะวันออก

- วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DD เป็นแบบ DMS ทำได้ 2 วิธี

วิธีที่ 1 ใช้โปรแกรม Calculator ใน เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงซอฟแวร์ปฏิบัติการ Windows 95/98/NT 4/2000/XP/Vista โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. เลือก START แล้วเลือก Programs->Accessories->Calculator
2. จากโปรแกรม Calculator เลือก View menu และเลือก Scientific
3. พิมพ์ค่าพิกัดในรูปแบบ DD เช่น 100.45416
4. แล้วกดปุ่ม dms
5. จะแสดงค่าพิกัด DMS ขึ้นมา คือ 100.2714976 หมายถึง 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา

วิธีที่ 2 เป็นการคำนวณด้วยมือ โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. จากค่าตัวเลขพิกัดในรูปแบบ DD ตัวอย่างเช่น 100.45416 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยองศา ในที่นี่คือ 100 องศา
2. นำตัวเลขหลังทศนิยมคูณด้วย 60 เช่น

$$0.45416 \times 60 = 27.2496 \quad (2.15)$$

3. จากค่าที่คำนวณได้ 27.2496 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยลิปดา ในที่นี่คือ 27 ลิปดา
4. นำตัวเลขหลังทศนิยมจากผลคูณในข้อ 2 คูณด้วย 60 เช่น

$$0.2496 \times 60 = 14.976 \quad (2.16)$$

5. จากค่าที่คำนวณได้ 14.976 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยฟิลิปดา ในที่นี่ปัดทศนิยมเป็น15 ฟิลิปดา
6. เมื่อนำตัวเลขมาอ่านรวมกันจะได้ 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา เหมือนกับคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

2.5 ทฤษฎีของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

โมดูลเข็มทิศดิจิตอลเป็น [5] เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติ ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล คือ ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กเพื่อใช้ตรวจจับสนามแม่เหล็กโลก(Earth magnetic filed) และไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจากตัวตรวจจับมาประมวลผลเป็นข้อมูลดิจิตอล

2.5.1 การปรับตั้งค่าทิศทางอ้างอิงแก่โมดูเข็มทิศดิจิตอล

สำหรับโมดูลเข็มทิศดิจิตอลที่ใช้ในการทำโครงนี้เป็นโมดูล CMPS03 ซึ่งจะมีอินพุตสำหรับปรับแต่งค่าทิศทางอ้างอิง โดยจะป้อนสัญญาณลอจิก "0" เข้าที่ขาอินสำหรับปรับแต่งโมดูล CMPS03

2.5.2 การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

2.5.2.1 การอ่านค่าทิศทางจากเอาต์พุตสัญญาณพัลส์

การอ่านแบบนี้จะเป็นการนำค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ได้จากสัญญาณพัลส์มาระบุตำแหน่งองศาจาก 0 ถึง 359.9 องศา โดยมีย่านความกว้างของสัญญาณพัลส์จาก 1 มิลลิวินาทีไปจนถึง 36.99 มิลลิวินาที มีความละเอียด 0.1 มิลลิวินาทีต่อองศา ในสัญญาณพัลส์แต่ละไซเคิลจะมีช่วงลอจิก "0" กว้าง 65 มิลลิวินาที

ดังนั้นในการนำสัญญาณพัลส์มาประมวลผลเป็นค่ามุมจึงต้องใช้การนับความกว้างของสัญญาณพัลส์เป็นหลักในการคำนวณหาค่าที่โมดูลเข็มทิศดิจิตอลวัดได้

2.5.2.2 การอ่านค่าทิศทางเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I^2C

การอ่านค่าจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอลให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำสูงควรเลือกเอาต์พุตข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I^2C โดยโมดูลเข็มทิศดิจิตอลสามารถส่งข้อมูลของตำแหน่งออกมาที่ความละเอียดสูงสุด 0.1 องศาโดยไม่จำเป็นต้องมีการคำนวณหรือแปลงค่าใดๆ

รูปแบบการสื่อสารข้อมูลบัส I^2C จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้สาย 2 เส้น ได้แก่ขา SDA (serial data) ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูล และ SCL (serial clock) เป็นขาสัญญาณนาฬิกา โดยขาสัญญาณทั้งสองจะต้องต่อตัวต้านทาน Pull-up ไว้เพื่อกำหนดสถานะลอจิก "1" ให้กับระบบบัส

2.6 การกรองสัญญาณดิจิตอล

การทำการกรองสัญญาณดิจิตอล[2] ที่นำมาใช้สำหรับงานนี้คือการทำ Moving Average ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ในการหาค่าความคาดเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้าโดยการนำค่าทั้งหมดมาบวกกันแล้วนำไปหารด้วยค่าของจำนวนที่นำมาบวกกันดังสมการที่ 2.11

$$\text{moving average} = \frac{(5+3+3+4+6)}{5} = 4.2 \qquad (2.17)$$

การพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลกนั้นได้นำทฤษฎีที่กล่าวมาไม่ว่าจะเป็นเรื่องของประวัติความเป็นมาของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก ค่าของโปรโตคอล

มาตรฐานซึ่งเป็นรายละเอียดของค่าที่รับมาจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก โดยจะทำให้รู้ว่าค่าที่รับมานั้นจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างไรรวมไปถึงอัลกอริทึมต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการหาเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุด เพื่อใช้ในการพัฒนารถอัจฉริยะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนการออกแบบระบบและขั้นตอนการทำจะอยู่ในบทถัดไป

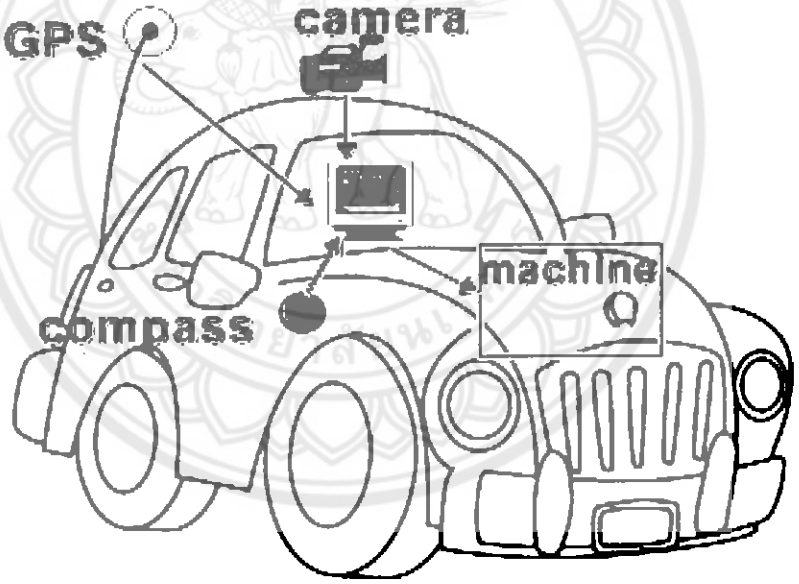
บทที่ 3

วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบ

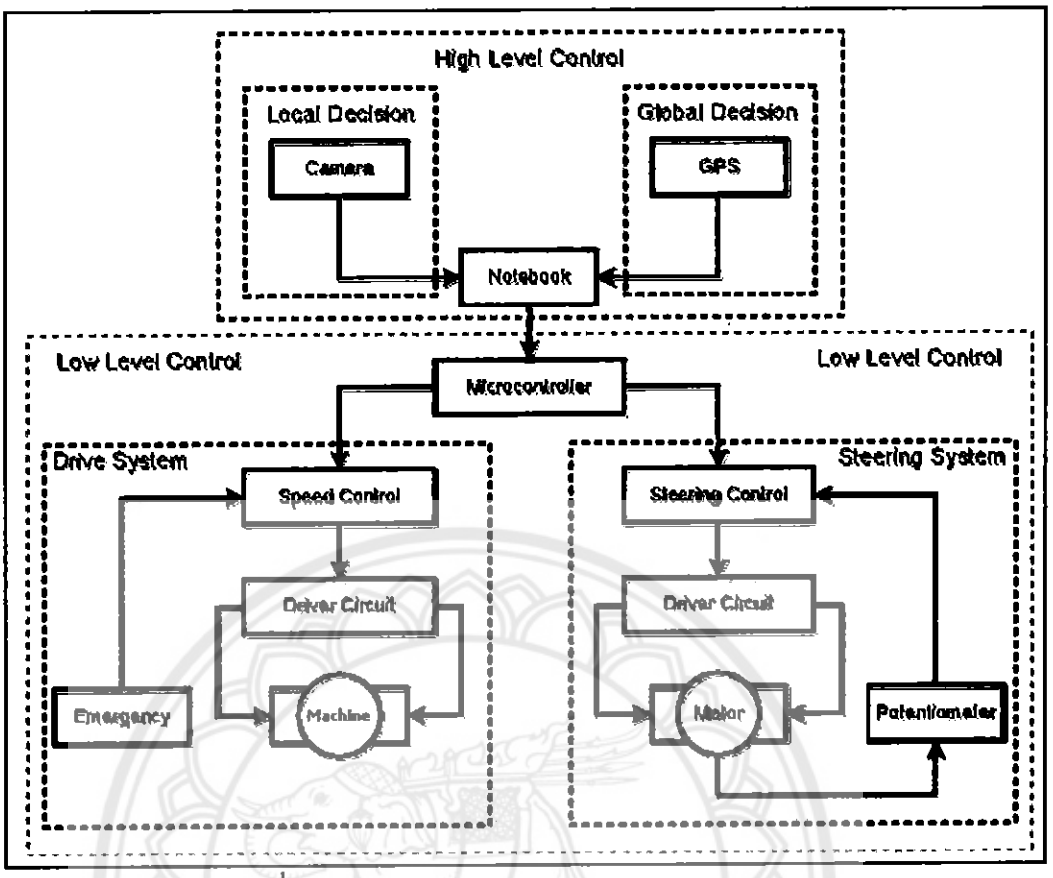
จากบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่จะนำมาพัฒนาระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลก โดยในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบดังนี้

ระบบโดยรวมของรถอัจฉริยะ

ในระบบของรถอัจฉริยะนั้นประกอบไปด้วยสองส่วนหลักๆคือ Hi-Level และ Low-Level โดยในส่วนของ Hi-Level นั้นจะเป็นส่วนของระบบวิทัศน์และระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและในส่วนของ Low-Level นั้นจะเป็นเรื่องของระบบควบคุมกลไกการเคลื่อนที่ของรถด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.1 โครงสร้างและระบบโดยรวมของรถอัจฉริยะ

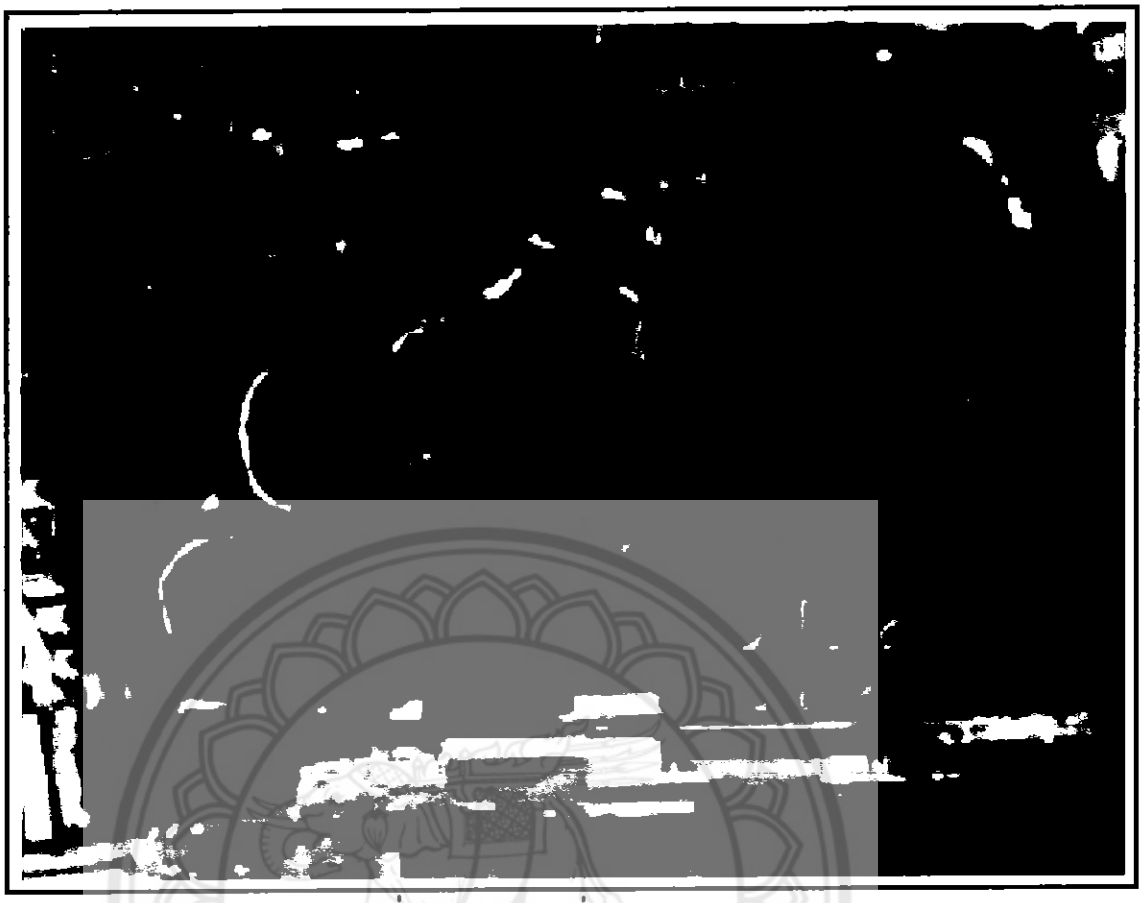


รูปที่ 3.2 แสดงระบบควบคุมโดยรวมของรถอัจฉริยะ

จากรูปที่ 3.2 เป็นระบบควบคุมของรถอัจฉริยะ ได้แก่

High Level Control ประกอบด้วย Local Decision (Camera) และ Global Decision (GPS) โดยจะนำมาต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์แล้วส่งสัญญาณควบคุมไปยังระบบควบคุมส่วนล่าง

Low Level Control เป็นระบบควบคุมที่ใช้ Microcontroller ในการควบคุมการทำงานของ Motor ที่ติดอยู่กับส่วนของ Speed Control และ Steering Control โดยจะรับสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.3 แสดงแผนที่ในการเดินทาง

จากรูปที่ 3.3 เป็นสนามที่ใช้แข่งขัน Thailand Intelligent Vehicle Challenge ซึ่งเส้นทางจะมีทั้งทางตรง ทางแยก และทางโค้งสลับกันไป จึงต้องนำเทคโนโลยีของระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกและเทคโนโลยีการหาทิศทางโดยใช้โมดูลเข็มทิศดิจิตอลเข้ามาช่วยในการควบคุมรถอัจฉริยะให้เคลื่อนที่ไปยังเส้นทางที่ต้องการ

สำหรับในส่วน Global Decision หรือระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกนั้นจะเป็นการนำค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากดาวเทียมโดยใช้โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก ในการรับค่าสัญญาณ และค่าทิศทางการเคลื่อนที่จากโมดูลเข็มทิศดิจิตอลมาใช้ในการช่วยตัดสินใจในการเคลื่อนที่ซึ่งจะแบ่งระบบออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆคือ ระบบภายนอก และระบบภายใน

3.1 ระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกในส่วนของระบบภายนอก

จะเป็นส่วนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

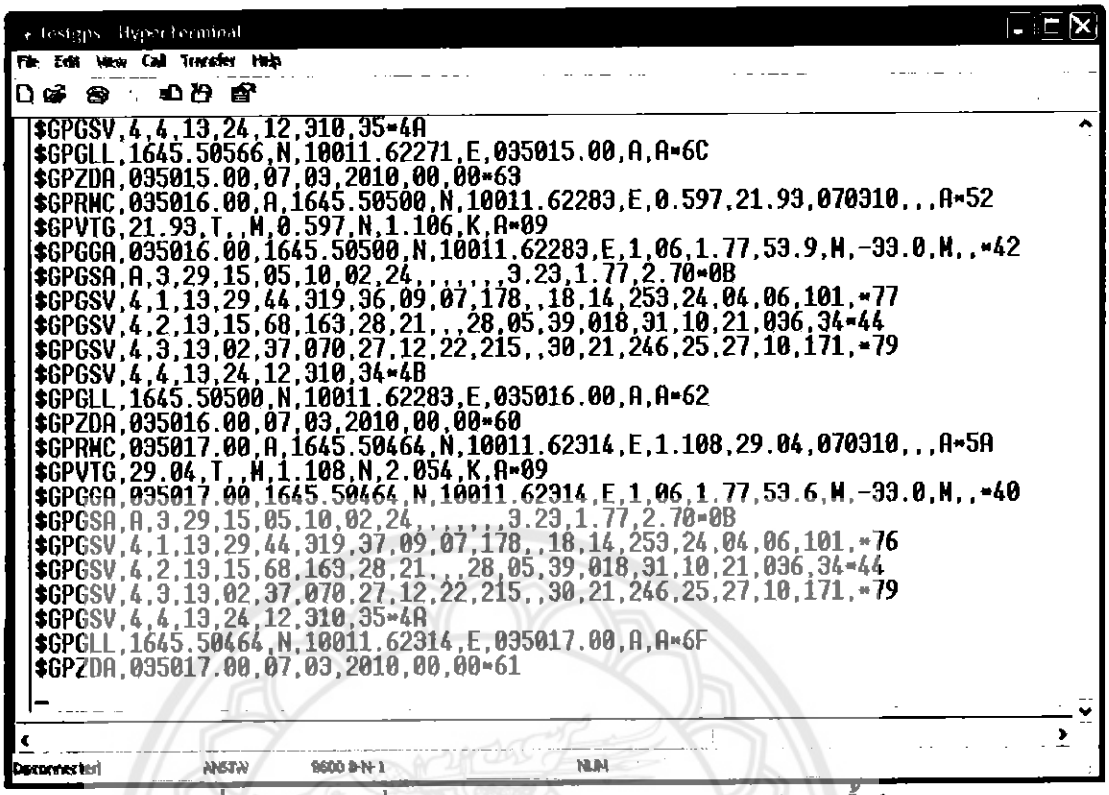
- โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก จำนวน 1 ตัว ใช้สำหรับรับค่าพิกัดบนพื้นโลกจากดาวเทียม
- โมดูลเข็มทิศดิจิตอล จำนวน 1 ตัว ใช้สำหรับรับค่าทิศทางในการเคลื่อนที่

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 1 ตัว ใช้สำหรับรับค่าจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล แล้วส่งต่อให้กับคอมพิวเตอร์
- คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก จำนวน 1 เครื่อง ใช้สำหรับประมวลผล
- สายต่อ USB จำนวน 1 เส้น ใช้สำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กกับระบบควบคุมส่วนล่าง

3.1.1 โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก

สำหรับโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก เป็นโมดูลสำเร็จรูปของ U-blox รุ่น LEA-4S-0-000 ที่ใช้จะนำมารับค่าพิกัดจากดาวเทียมเพื่อนำไปใช้ประมวลผลแล้วนำไปใช้ควบคุมรถอัจฉริยะ โดยค่าที่รับจากโมดูลจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.4 ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่าค่าที่รับมานั้นเป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่พัฒนาโดย Nation Marine Electronics Association (NMEA)ดังรูปที่ 3.5

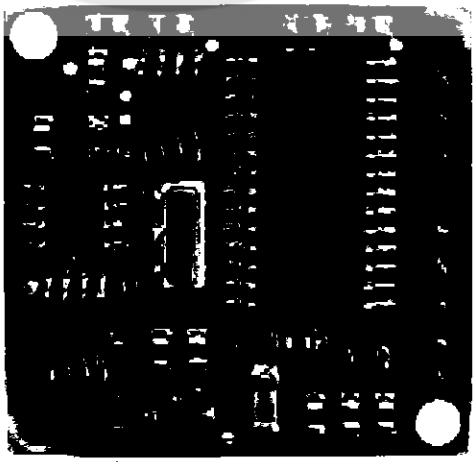
รูปที่ 3.4 โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก



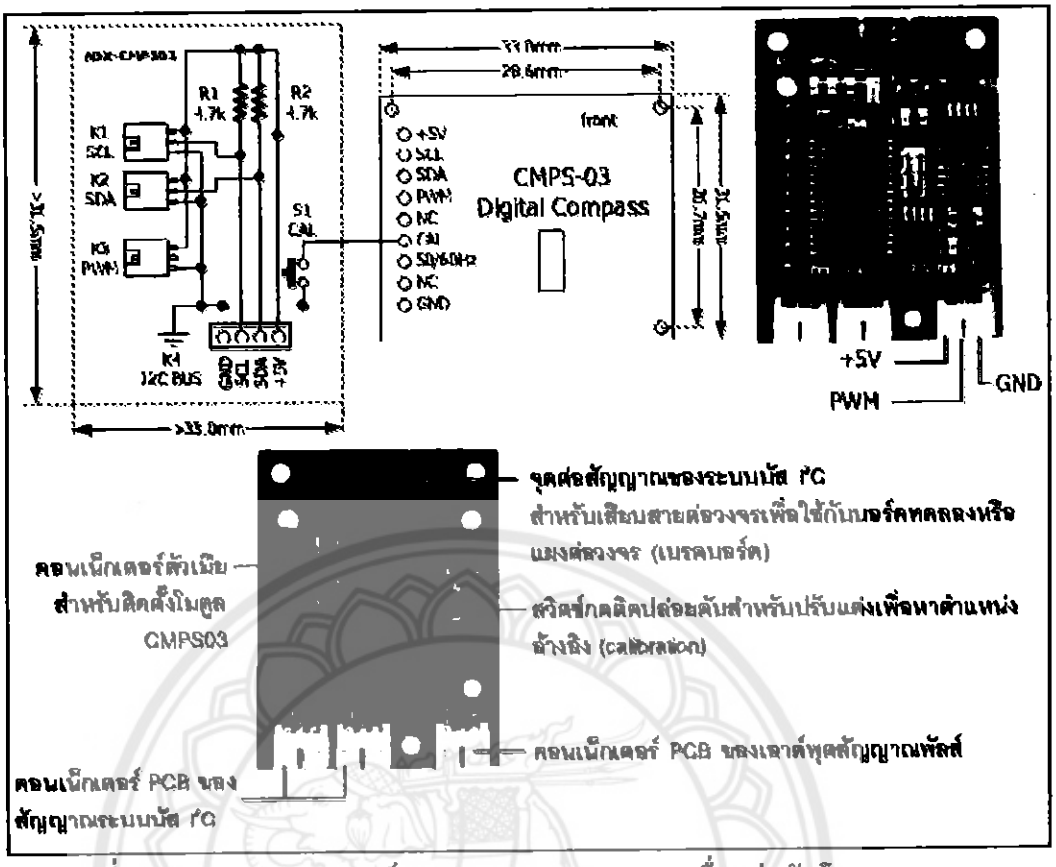
รูปที่ 3.5 แสดงค่าที่รับจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก

3.1.2 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล (Compass)

เป็นโมดูลเข็มทิศดิจิตอลรุ่น CMPS03 จะทำงานร่วมกับบอร์ด ADX-CMPS03 ซึ่งเป็นบอร์ดอะแดปเตอร์สหรับอำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับโมดูลเข็มทิศดิจิตอลนี้จะใช้ไฟเลี้ยง +5V และต้องการกระแส 20mA โดยจะให้เอาท์พุตข้อมูลดิจิตอลผ่านการติดต่อแบบ I^2C



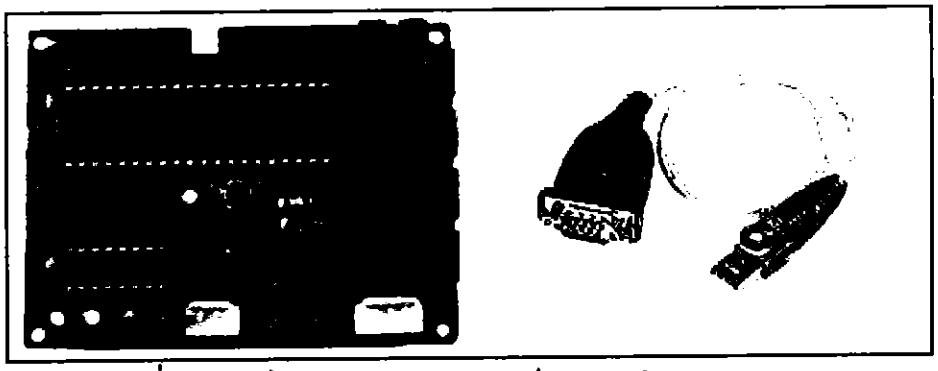
รูปที่ 3.6 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล



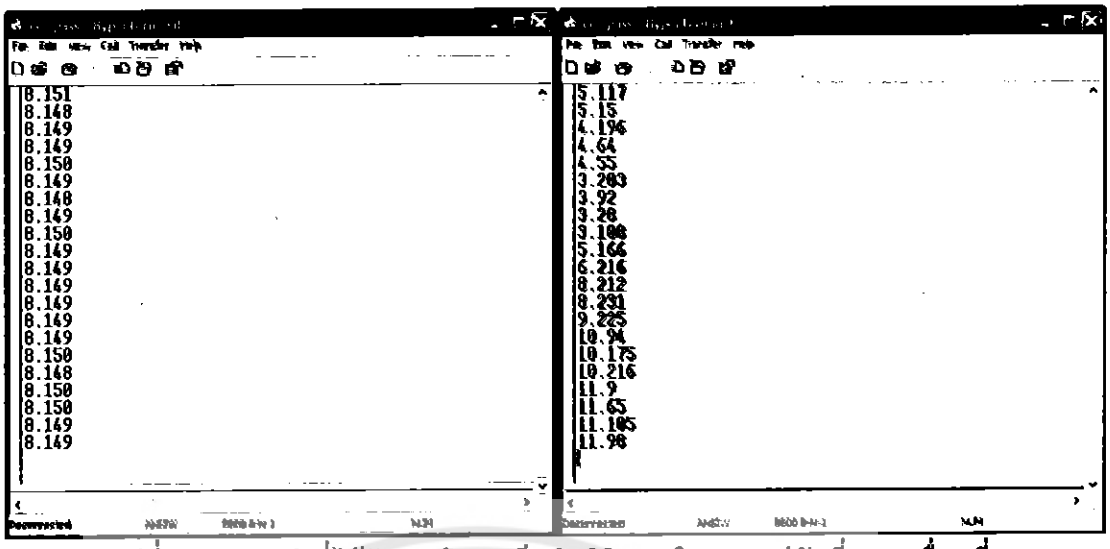
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรของบอร์ด ADX-CMPS03 และการเชื่อมต่อกับโมดูล CMPS03

3.1.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ สายต่อ USB to Serial

ใช้สำหรับรับค่าจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล เพื่อนำมาแปลงสัญญาณระบบ I^2C เป็นสัญญาณข้อมูลในรูปแบบสตริงและส่งสัญญาณให้กับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Serial port เพื่อใช้ประมวลผลรวมกับค่าที่ได้รับจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกโดยค่าที่ส่งให้กับคอมพิวเตอร์จะเป็นดังรูปที่ 3.9

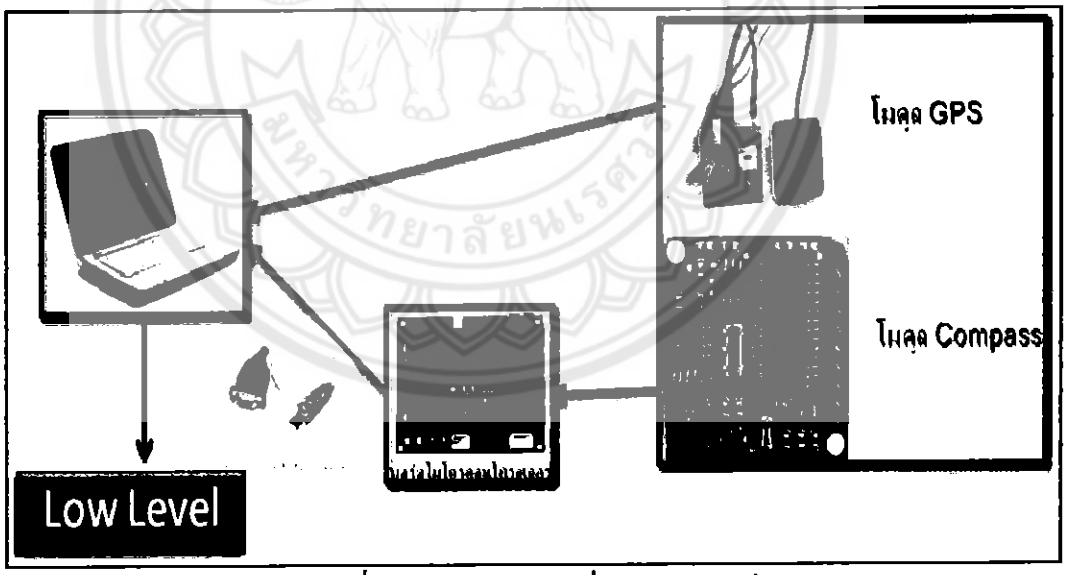


รูปที่ 3.8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และสายต่อ USB to Serial

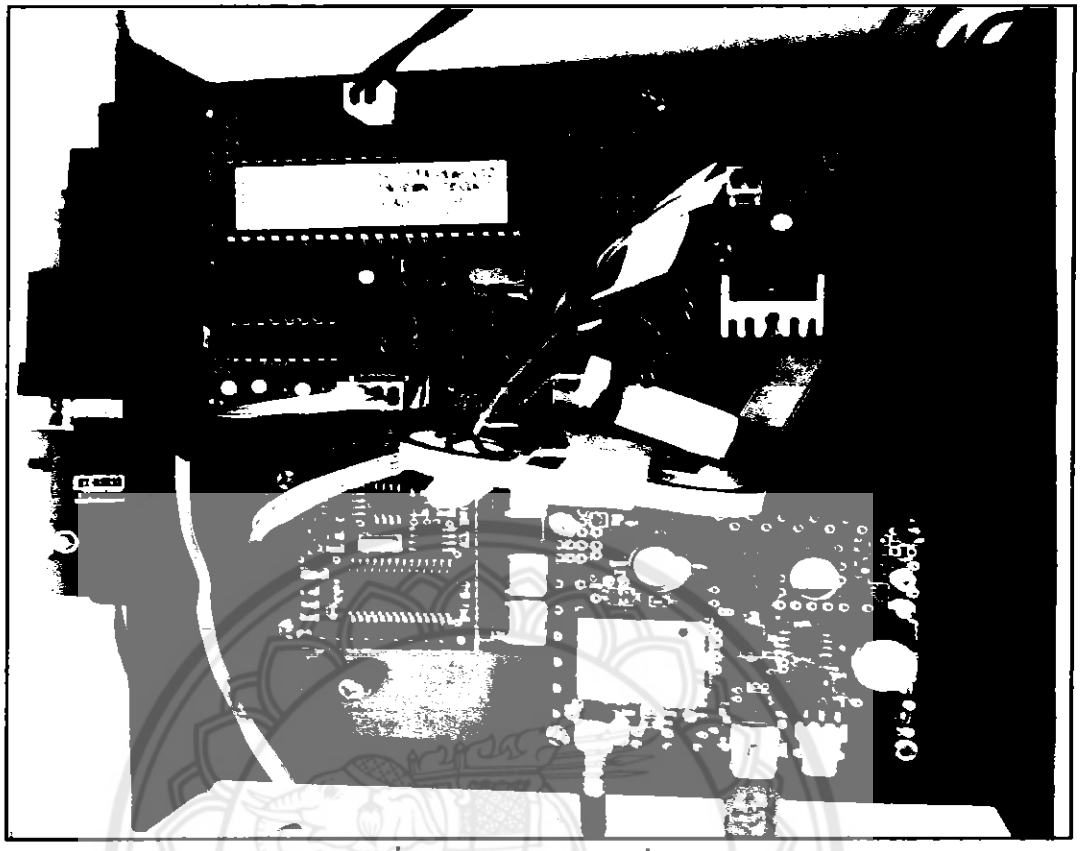


รูปที่ 3.9 แสดงค่าที่ได้รับจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล ในขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่

จะเห็นได้ว่าระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกในส่วนของระบบภายนอกนี้เป็นจะเรื่องของอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาใช้งาน เมื่อนำอุปกรณ์แต่ล่ะส่วนมาต่อเข้าด้วยกันจะได้ดังรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 รูปแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์

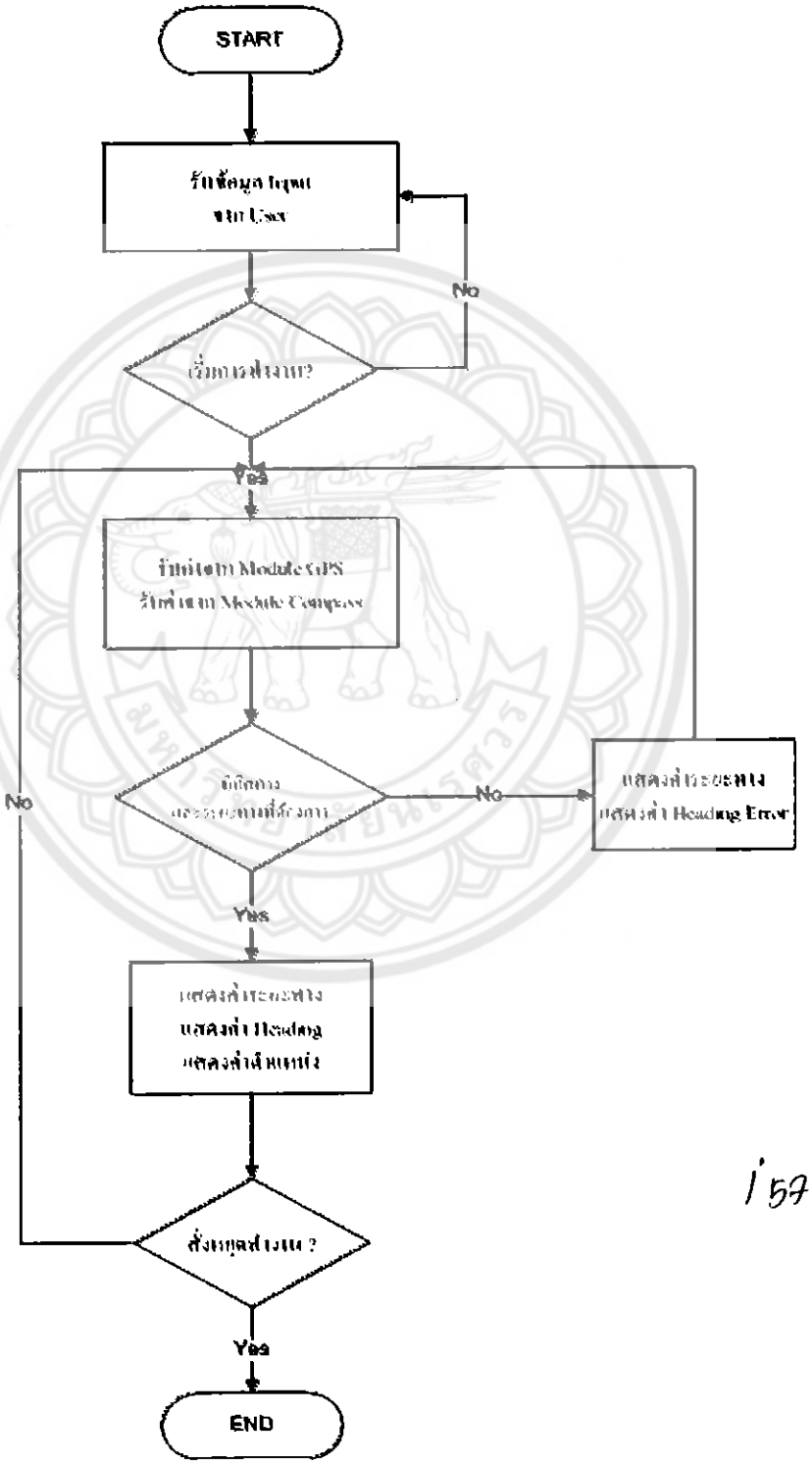


รูปที่ 3.11 แสดงอุปกรณ์เมื่อต่อเสร็จ

เมื่อนำเอาโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและโมดูลเข็มทิศดิจิตอล มาต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลค่าที่รับมาจากอุปกรณ์ แล้วทำการส่งค่าไปให้กับส่วนของ Low Level Control เพื่อทำการควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆของรถอัจฉริยะให้ทำงานเองโดยอัตโนมัติ

3.2 ระบบบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกในส่วนของระบบภายใน

ในส่วนของระบบภายในนี้ จะเป็นส่วนของการออกแบบและจัดทำโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมรถอัจฉริยะ ซึ่งลักษณะของโปรแกรมจะมีการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.12 แสดง Flow chart การทำงานของโปรแกรม

I573807
ม.
ม/420
2552

จาก Flow chart จะมีการทำงานดังนี้

1. รับค่าจากผู้ใช้ ได้แก่
   - ชื่อของจุด (Point) โดยจะกำหนดเป็นค่าของตัวอักษรหรือตัวเลขก็ได้
   - ค่าพิกัดละติจูด (Latitude) ซึ่งต้องเป็นเลขทศนิยมเท่านั้น
   - ค่าพิกัดลองกิจูด (Longitude) ซึ่งต้องเป็นเลขทศนิยมเท่านั้น
   - ค่าทิศทาง (Direction) ซึ่งต้องเป็นค่าของตัวเลขเท่านั้น
   - กำหนดการเชื่อมต่อ serial port
   - กำหนดระยะของ Header และระยะรัศมีของจุด(เมตร) ซึ่งต้องเป็นตัวเลขเท่านั้น
2. ตรวจสอบว่าสั่งให้เริ่มทำงานหรือยัง ถ้ามีการสั่งให้เริ่มทำงานแล้วให้ไปทำในขั้นตอนถัดไป แต่ถ้ายังให้กลับไปที่ขั้นตอนที่ 1
3. รับค่าจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและโมดูลเข็มทิศดิจิตอล
4. ตรวจสอบว่ามีทิศทางและระยะทางอยู่ในระยะที่ต้องการหรือยังโดยนำค่าที่ได้จากโมดูลมาเปรียบเทียบกับค่าที่กรอกเข้าไปในตารางในขั้นตอนที่ 1
   - ถ้าใช่ ให้ทำในขั้นตอนถัดไป
   - ถ้าไม่ใช่ ให้แสดงค่าของทิศทางและค่าระยะทางก่อนถึงจุดที่ต้องการแล้วกลับไปที่ขั้นตอนที่ 3
5. แสดงค่าของระยะทาง ,ค่าของทิศทาง,และค่าของจุดนั้น
6. ตรวจสอบว่ามีการสั่งให้หยุดการทำงานหรือยัง
   - ถ้าใช่ ให้ทำการหยุดโปรแกรมทันที
   - ถ้าไม่ใช่ ให้ทำกลับไปทำในขั้นตอนที่ 3

สำหรับในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเริ่มจากการนำค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้จากอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกมาคัดกรองโดยจะเลือกเฉพาะค่าที่ต้องการ โดยในที่นี้จะเลือกในส่วนของค่า $GPGGA โดยจะนำค่าในตำแหน่งที่ 17 – 41 ที่อยู่บรรทัดนี้ไปคำนวณหาค่าละติจูดและค่าลองกิจูดโดยการแปลงหน่วยให้เป็นแบบ DD (Decimal Degree) ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

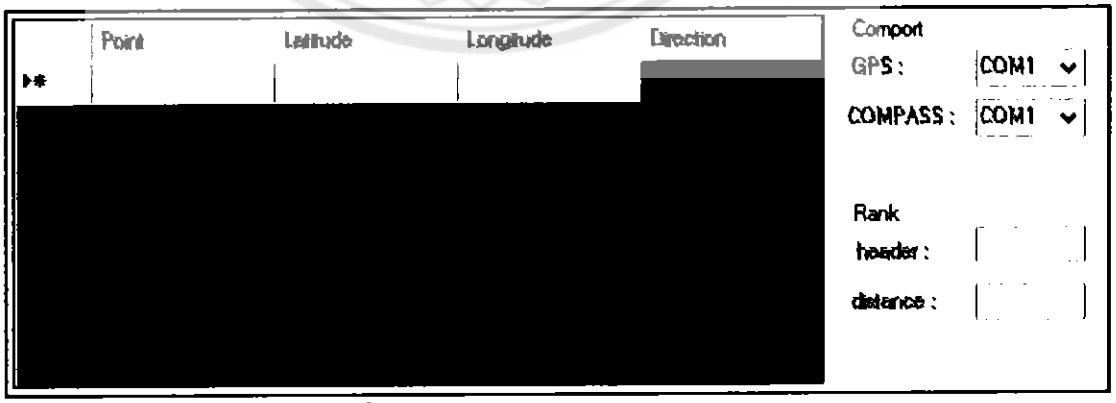
```
$GPGSV,3,1,10,09,01,193,,29,27,324,31,01,26,269,35,05,53,357,27*79
$GPGSV,3,2,10,04,16,082,16,27,04,182,,10,,,36,30,25,262,29*40
$GPGSV,3,3,10,02,37,055,22,24,,,32*49
$GPGLL,1645.48995,N,10011.59443,E,134913.00,A,A*65
$GPZDA,134913.00,03,10,2009,00,00*62
$GPRMC,134914.00,A,1645.49003,N,10011.59453,E,0.546,254.05,031009,,,A*69
$GPVTG,254.05,T,,M,0.546,N,1.011,K,A*30
$GPGGA,134914.00,1645.49003,N,10011.59453,E,1,03,2.04,533.0,M,-33.0,M,,*7C
$GPGSA,A,2,29,30,02,,,,,,,,,,2.27,2.04,1.00*09
$GPGSV,3,1,10,09,01,193,,29,27,324,31,01,26,269,34,05,53,357,28*77
$GPGSV,3,2,10,04,16,082,16,27,04,182,,10,,,36,30,25,262,29*40
$GPGSV,3,3,10,02,37,055,22,24,,,33*48
$GPGLL,1645.49003,N,10011.59453,E,134914.00,A,A*64
$GPZDA,134914.00,03,10,2009,00,00*65
$GPRMC,134915.00,A,1645.49009,N,10011.59499,E,0.470,259.58,031009,,,A*65
$GPVTG,259.58,T,,M,0.470,N,0.872,K,A*30
$GPGGA,134915.00,1645.49009,N,10011.59499,E,1,03,2.04,533.0,M,-33.0,M,,*71
$GPGSA,A,2,29,30,02,,,,,,,,,,2.28,2.04,1.00*06
$GPGSV,3,1,10,09,01,193,,29,27,324,31,01,26,269,34,05,53,357,28*77
$GPGSV,3,2,10,04,16,082,16,27,04,182,,10,,,36,30,25,262,29*40
$GPGSV,3,3,10,02,37,055,23,24,,,31*4B
$GPGLL,1645.49009,N,10011.59499,E,134915.00,A,A*69
$GPZDA,134915.00,03,10,2009,00,00*64
```

รูปที่ 3.13 แสดงค่าที่นำใช้ในโปรแกรม

จากค่าของ $GPGGA ดังรูปที่ 3.13 ได้ทำการคัดกรองโดยใช้คำสั่ง substring ซึ่งเป็น method ที่มีอยู่ในภาษา C# อยู่แล้ว โดยเลือกค่าในตำแหน่งที่ 17-27 เพื่อนำไปแปลงเป็นค่าละติจูดและค่าในตำแหน่งที่ 30-41 ไปแปลงเป็นค่าลองกิจูด สำหรับส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้ได้ออกแบบให้มีส่วนของอินพุตและเอาต์พุตดังนี้

ส่วนของอินพุต

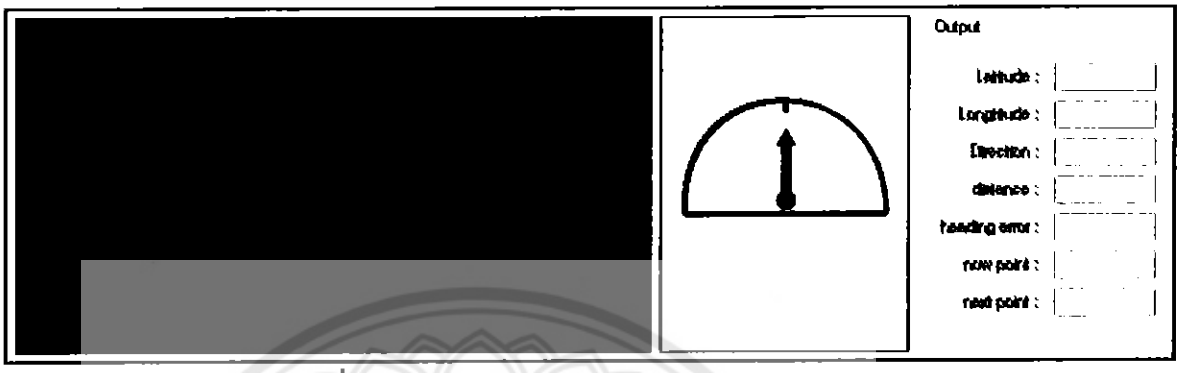
- รับค่าจากอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก
- รับค่าจากผู้ใช้



รูปที่ 3.14 แสดงโปรแกรมส่วนของอินพุต

ส่วนของเอาต์พุต

- การแสดงผลเป็นรูปภาพ
- การแสดงค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 3.15 รูปแสดงโปรแกรมส่วนของเอาพุตต์

รูปที่ 3.16 แสดงหน้า GUI

จากรูปที่ 3.16 จะแสดงในส่วนของหน้า GUI (Graphic User Interface) หรือส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานสำหรับวิธีการใช้งานจะกล่าวไว้ในบทถัดไป

บทที่ 4

การทดสอบระบบ

จากบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงระบบในส่วนต่างๆรวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำมาใช้งาน และในบทนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรมโดยในการทดสอบนี้จะแบ่งเป็นการทดสอบในส่วนของการรับค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากดาวเทียมโดยใช้โมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและการรับค่าของทิศทางการเคลื่อนที่ของรถจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล

4.1 ความคาดเคลื่อนของพิกัดในจุดเดียวกัน

การทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบในสถานที่และช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อแสดงให้เห็นว่าในแต่ละสถานที่และแต่ละช่วงเวลาจะมีผลต่อค่าพิกัดมากน้อยเพียงใดโดยในการทดสอบนี้จะใช้หน่วยในการรับค่าพิกัดเป็นแบบ DD ซึ่งวิธีที่ใช้ในการทดสอบได้ทำการเดินเพื่อเก็บค่าในแต่ละจุดจุดละ 10 รอบแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนเพื่อดูว่าในแต่ละพื้นที่มีค่าความคาดเคลื่อนเป็นอย่างไร

4.1.1 การทดสอบบนถนนที่โล่ง (ถนนข้างศูนย์วิจัยพลังงาน)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่โล่ง ช่วงเวลาประมาณ 17.20 น. – 18.15 น.

รอบที่	Latitude(DD)	Longitude(DD)
1	16.754143	100.212802
2	16.737429	100.194219
3	16.737356	100.194262
4	16.737333	100.194266
5	16.737352	100.194256
6	16.737511	100.194209
7	16.737371	100.194184
8	16.737426	100.194284
9	16.737424	100.194204
10	16.737551	100.194302
AVG	16.740187	100.197336
STDEV	0.005529	0.005869

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่โล่ง ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น.

รอบที่	Latitude(DD)	Longitude(DD)
1	16.737373	100.194321
2	16.737521	100.194187
3	16.737424	100.194213
4	16.737356	100.194324
5	16.737553	100.194741
6	16.737453	100.194235
7	16.737528	100.194785
8	16.737251	100.194154
9	16.737321	100.194201
10	16.737854	100.194301
AVG	16.737463	100.194346
STDEV	0.000168	0.000227

จากตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 จะเป็นการวัดค่าพิกัดในพื้นที่ถนนที่โล่ง ไม่มีต้นไม้ปกคลุม และท้องฟ้าปลอดโปร่ง ซึ่งจากผลการทดสอบเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนที่ได้เป็นค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งถ้าลองคำนวณระยะความคาดเคลื่อนที่จุดเดียวกันนั้นจะได้ว่า

$$D(m) = \sqrt{NSdistance^2 + EWdistance^2} \quad (4.1)$$

โดย NSdistance = {latitude[i] – latitude [i-1]} * 109369.2 (4.2)

EWdistance = {longitude[i] - longitude [i-1]} * 106080.0 (4.3)

แทนค่ารอบที่ 3 และ 4 จากตารางที่ 4.1 ใน สมการที่ 4.2 และสมการที่ 4.3 จะได้

NSdistance = {16.737356– 16.737333} * 109369.2 (4.4)

EWdistance = {100.194262- 100.194266} * 106080.0 (4.5)

เมื่อได้ค่าของ NSdistance และ EWdistance นำมาแทนในสมการที่ 4.1 จะได้

D (m) = 3 m (4.6)

หลังจากทำการคำนวณระยะทางของความคาดเคลื่อนในจุดนี้ซึ่งมีผลของระยะทางที่คาดเคลื่อนอยู่ที่ 3 เมตร

4.1.2 ทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม (ถนนหน้าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม ช่วงเวลาประมาณ 17.20 น. – 18.15 น.

รอบที่	Latitude(DDD)	Longitude(DDD)
1	16.744416	100.198954
2	16.745393	100.195997
3	16.744763	100.195638
4	16.744573	100.195419
5	16.744492	100.195393
6	16.744521	100.196105
7	16.744451	100.194891
8	16.745318	100.194943
9	16.744418	100.194998
10	16.745336	100.196262
AVG	16.744738	100.195360
STDEV	0.000413	0.000852

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น.

รอบที่	Latitude(DDD)	Longitude(DDD)
1	16.744423	100.195408
2	16.744428	100.195481
3	16.745387	100.196326
4	16.744421	100.195421
5	16.744225	100.195342
6	16.745123	100.195401
7	16.744672	100.195614
8	16.744515	100.195751
9	16.744704	100.196277
10	16.744501	100.195426

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น.(ต่อ)

	Latitude(DD))	Longitude(DD))
AVG	16.7445639	100.1956444
STDEV	0.0000356	0.0000366

จากตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 จะเป็นผลของการทดสอบในท้องถนนที่มีต้นไม้ปกคลุม จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ซึ่งถ้าลองคำนวณระยะความคาดเคลื่อนที่จุดเดียวกันนั้นแทนค่าในรอบที่ 3 และ 4 จากตารางที่ 4.3 เข้าไปในสมการที่ (4.1) จะได้ค่าของระยะทางที่มีความคาดเคลื่อนในจุดนี้อยู่ที่ 31 เมตรซึ่งเป็นความคาดเคลื่อนที่ยอมรับไม่ได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในบริเวณถนนที่มีต้นไม้ปกคลุมจะมีผลต่อการรับค่าสัญญาณจากดาวเทียม

4.1.3 ทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ (ถนนในหมู่บ้านแกรนด์โฮมเดียงมอ)

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ ช่วงเวลาประมาณ 17.20 น. – 18.15 น.

รอบที่	Latitude(DD))	Longitude(DD))
1	16.760351	100.193351
2	16.758491	100.193417
3	16.758288	100.193617
4	16.758239	100.193667
5	16.758253	100.193629
6	16.758223	100.193652
7	16.758267	100.193632
8	16.758243	100.193645
9	16.758235	100.193523
10	16.758256	100.193656
AVG	16.7590218	100.1936578
STDEV	0.000056	0.0001111

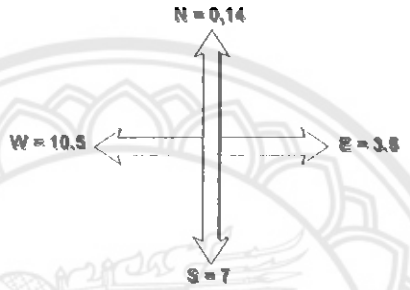
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ทำการทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ ช่วงเวลาประมาณ 23.10 น. – 23.55 น.

รอบที่	Latitude(DD))	Longitude(DD))
1	16.757489	100.193758
2	16.757464	100.193712
3	16.757473	100.193614
4	16.757522	100.193627
5	16.757434	100.193624
6	16.757344	100.193678
7	16.757432	100.193721
8	16.757564	100.193646
9	16.757425	100.193672
10	16.757324	100.193589
AVG	16.757447	100.193664
STDEV	7.35292E-05	5.33175E-05

จากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 จะเป็นผลจากการทดสอบบนถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ซึ่งถ้าเปรียบเทียบดูในช่วงของเวลาที่ใกล้เคียงกันจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ในตารางมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกันในช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้แตกต่างกันมาก ซึ่งถ้าลองคำนวณดูระยะของความคาดเคลื่อนในจุดนี้โดยการแทนค่าของรอบที่ 3 จากตารางที่ 4.5 และรอบที่ 3 จากตารางที่ 4.6 โดยทำการแทนค่าในสมการที่ (4.1) จะได้ความคาดเคลื่อนของระยะทางอยู่ที่ 90 เมตรซึ่งเป็นระยะทางที่ยอมรับไม่ได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในบริเวณที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้จะส่งผลกับการรับค่าสัญญาณจากดาวเทียม

4.2 ทิศทางในการเข้าหาจุด

สำหรับการทดสอบนี้เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในทิศทางต่างๆเพื่อดูว่าในแต่ละจุดว่ามีทิศทางในการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเป็นอย่างไร โดยในการทดสอบนี้ใช้วิธีการเดินเพื่อเก็บค่าในแต่ละทิศทางเป็นจำนวน 5 รอบด้วยกัน จากนั้นได้นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลที่ได้ สำหรับค่าที่รับมาจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล นั้นจะมีค่าเป็นเลขทศนิยม 3 ตำแหน่งตั้งแต่ 0 – 14 และเลขหลังจุดทศนิยมมีค่าตั้งแต่ 0 – 255 เช่น ค่าที่ได้รับจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล คือ 8.125 จะหมายถึงด้านหน้าของรถจะต้องหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นต้น

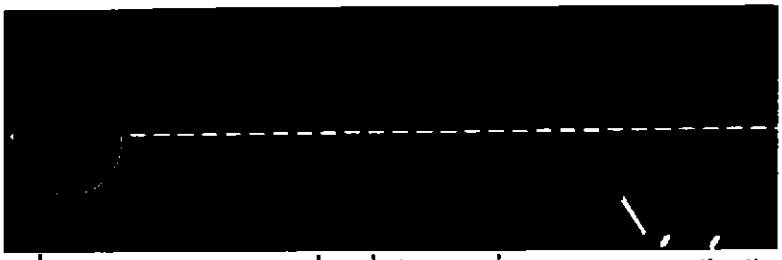


รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่รับจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอล กับทิศทาง

4.2.1 ทดสอบทางตรง

ในการทดสอบในทางตรงนั้นได้ทำการทดสอบลักษณะการเข้าหาจุด 3 กรณีด้วยกันคือ กรณีที่รถอยู่ตรงกลางถนน กรณีที่รถอยู่ชิดขอบถนนด้านซ้าย และกรณีที่รถอยู่ชิดขอบถนนด้านขวา ซึ่งการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเพื่อดูว่าทิศทางในการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในเส้นทางตรงนั้นมีค่าเป็นอย่างไร

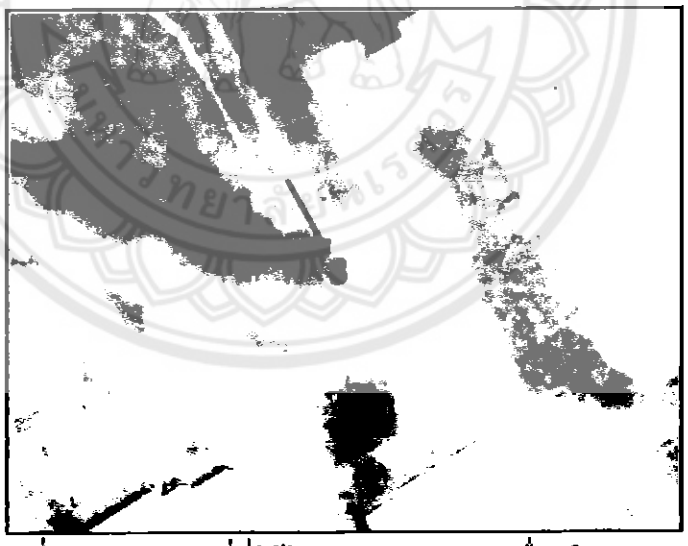
รูปที่ 4.2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่ออยู่ตรงกลางถนน



รูปที่ 4.3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่ออยู่ชิดขอบถนนด้านซ้าย

รูปที่ 4.4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่ออยู่ชิดขอบถนนด้านขวา

- บริเวณที่ทำการทดสอบระบบคือถนนหลังพระวิษณุหันหน้าไปทางคณะวิทยาศาสตร์ ระยะทางในการเข้าหาจุด 30 เมตร



รูปที่ 4.5 แสดงแผนที่ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนในทางตรง

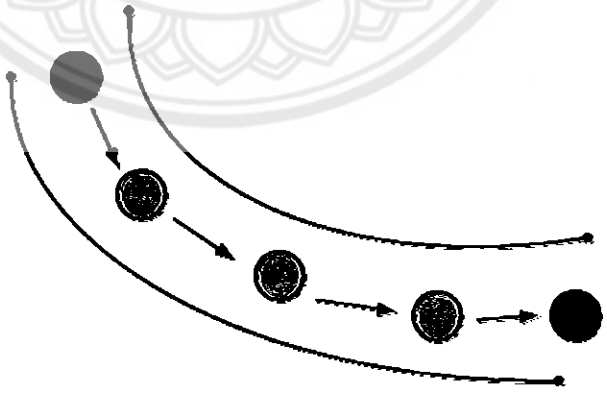
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าทิศทางในการเคลื่อนที่ทางตรง

รอบที่	ขอบถนนด้านซ้าย	ตรงกลางถนน	ขอบถนนด้านขวา
1	9.135	9.225	7.125
2	9.246	9.259	7.207
3	9.122	9.102	7.579
4	9.211	9.115	7.212
5	9.231	9.214	7.155
AVG	9.189	9.183	7.255
STDEV	0.056793	0.070534	0.184409

จากตารางที่ 4.7 จะเป็นการทดสอบการเข้าหาจุดในเส้นทางตรงโดยได้ทำการทดลองการเข้าหาจุดในกรณีที่ต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อชิดขอบถนนด้านขวามีทิศทางที่แตกต่างไปจากค่าของขอบถนนทางด้านซ้ายและตรงกลางถนน ซึ่งเมื่อมองดูภาพรวมจะสังเกตุได้ว่าหน้าของรถจะหันไปทางทิศใดนั่นเอง

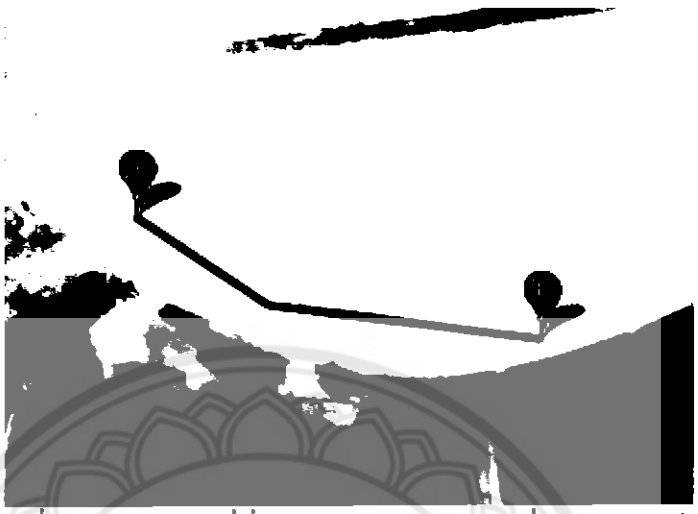
4.2.2 ทดสอบทางโค้ง

ในการทดสอบทางโค้งนั้นได้ทำการทดสอบการเข้าหาจุดโดยเริ่มวัดค่าของทิศทางจากจุดเริ่มต้น และค่าที่จุดสิ้นสุดว่ามีค่าเป็นอย่างไรเพื่อแสดงให้เห็นว่ามีทิศทางในการเคลื่อนที่เป็นทางโค้ง



รูปที่ 4.6 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดเมื่อเป็นทางโค้ง

- บริเวณที่ทำการทดสอบระบบคือถนนข้างศูนย์วิจัยพลังงานโดยมีระยะทางในการเข้าหาจุด 50 เมตร



รูปที่ 4.7 แสดงแผนที่ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนในทางโค้ง

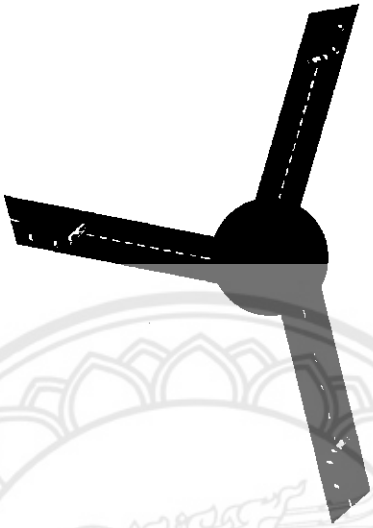
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าทิศทางในการเคลื่อนที่ทางโค้ง

รอบที่	เริ่ม	สิ้นสุดการทดสอบ
1	8.135	6.198
2	8.146	6.187
3	8.118	6.250
4	8.127	6.213
5	8.131	6.221
AVG	8.131	6.213
STDEV	0.009223	0.021593

จากรูปที่ 4.6 จะเป็นแผนภาพที่แสดงการเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ซึ่งในระหว่างการเคลื่อนที่นั้นจะมีการปรับทิศทางให้มีทิศทางที่ใกล้เคียงกับทิศทางที่จุด B และจากตารางที่ 4.8 เป็นค่าที่วัดได้จากการทดสอบ จะเห็นได้ว่าค่าที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นทางโค้ง

4.2.3 ทดสอบการเข้าหาจุดในทิศทางที่แตกต่างกัน

ในการทดสอบนี้จะทำการทดสอบการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในทิศทางที่ต่างกัน 3 ทิศทาง ด้วยกัน เพื่อทำการทดสอบให้เห็นว่าค่าที่ได้ในทิศทางที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันจริง



รูปที่ 4.8 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในเส้นทางที่แตกต่างกัน

- บริเวณที่ทำการทดสอบระบบคือถนนใน Green area โดยมีระยะทางในการเข้าหาจุด 25 เมตร

รูปที่ 4.9 แสดงการเข้าหาจุดในทิศทางที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าทิศทางในการเคลื่อนที่เข้าหาจุดในทิศทางที่แตกต่างกัน

รอบที่	1	2	3
1	0.178	12.123	8.192
2	0.162	12.152	8.379
3	0.183	12.240	8.119
4	0.153	12.211	8.152
5	0.172	12.214	8.2144
AVG	0.169	12.188	8.211
STDEV	0.0012137	0.0048554	0.1006774

จากตารางที่ 4.9 เป็นการทดสอบการเข้าหาจุดในทิศทางที่ต่างกันเพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของมุมในแต่ละทิศทางดังนี้

จุดที่ 1 หันไปทางทิศเหนือ สามารถวัดได้ค่าเฉลี่ยที่ 0.169

จุดที่ 2 หันไปทางทิศตะวันตกฉียงเหนือ สามารถวัดได้ค่าเฉลี่ยที่ 12.188

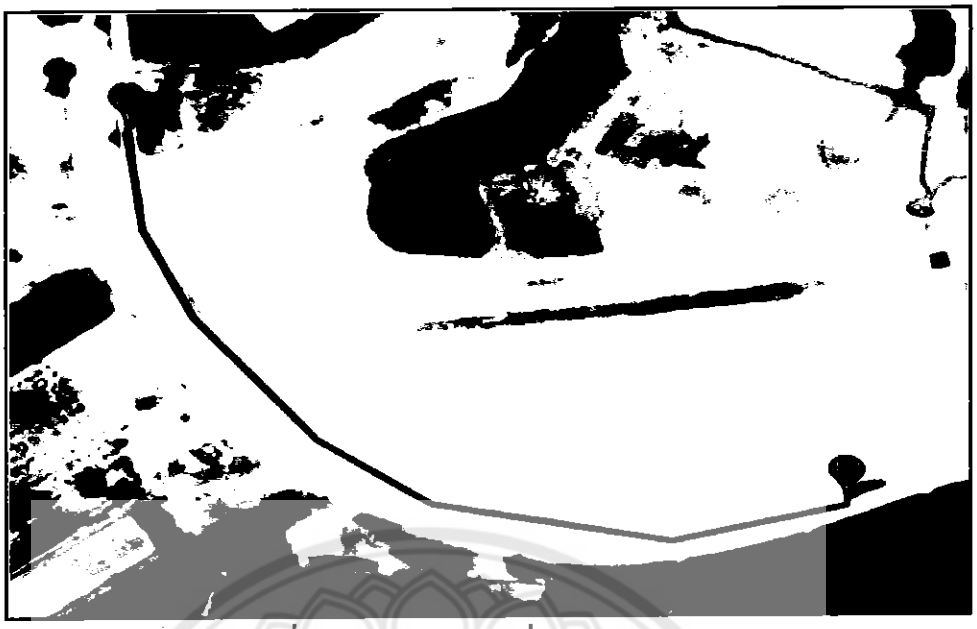
จุดที่ 3 หันไปทางทิศใต้ สามารถวัดได้ค่าเฉลี่ยที่ 8.211

จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงค่าความแตกต่างของทิศทางในการเข้าหาจุดที่ต้องการว่าถ้าหากมีการเข้าหาในทิศทางที่แตกต่างกันก็จะส่งผลถึงค่าที่วัดได้ทำให้เกิดความคาดเคลื่อนในการเข้าหาจุดนั้นๆได้

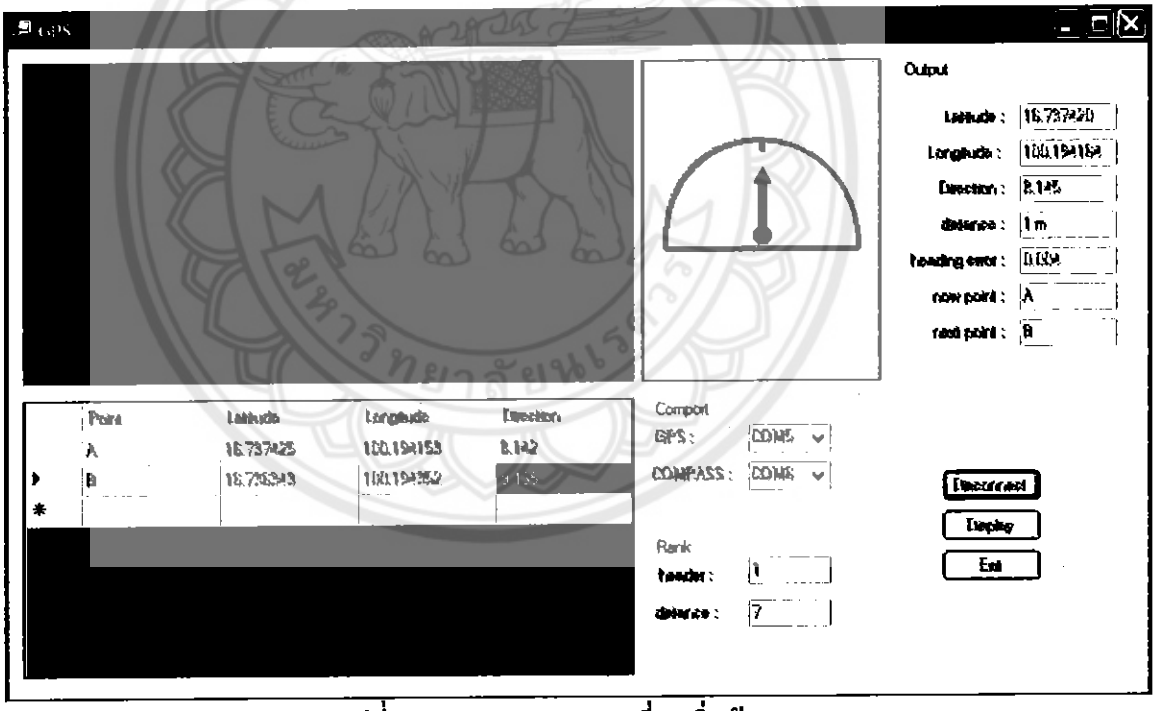
4.3 ทดสอบโปรแกรมที่ทำการพัฒนา

สำหรับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะมีส่วนต่างๆดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 โดยจะมีในส่วนของการรับค่าจากผู้ใช้ ส่วนของการแสดงผล และส่วนของปุ่มควบคุมซึ่งในการทดสอบนั้นจะทำการจำลองการเคลื่อนที่ของรถอัจฉริยะโดยใช้รถจักรยานยนต์ในการเคลื่อนที่เพื่อจะได้ควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้ความเร็วอยู่ที่ 25 – 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยในการทดสอบครั้งนี้ใช้เส้นทางในการทดสอบดังรูปที่ 4.10 ซึ่งขั้นตอนในการทดสอบมีดังนี้

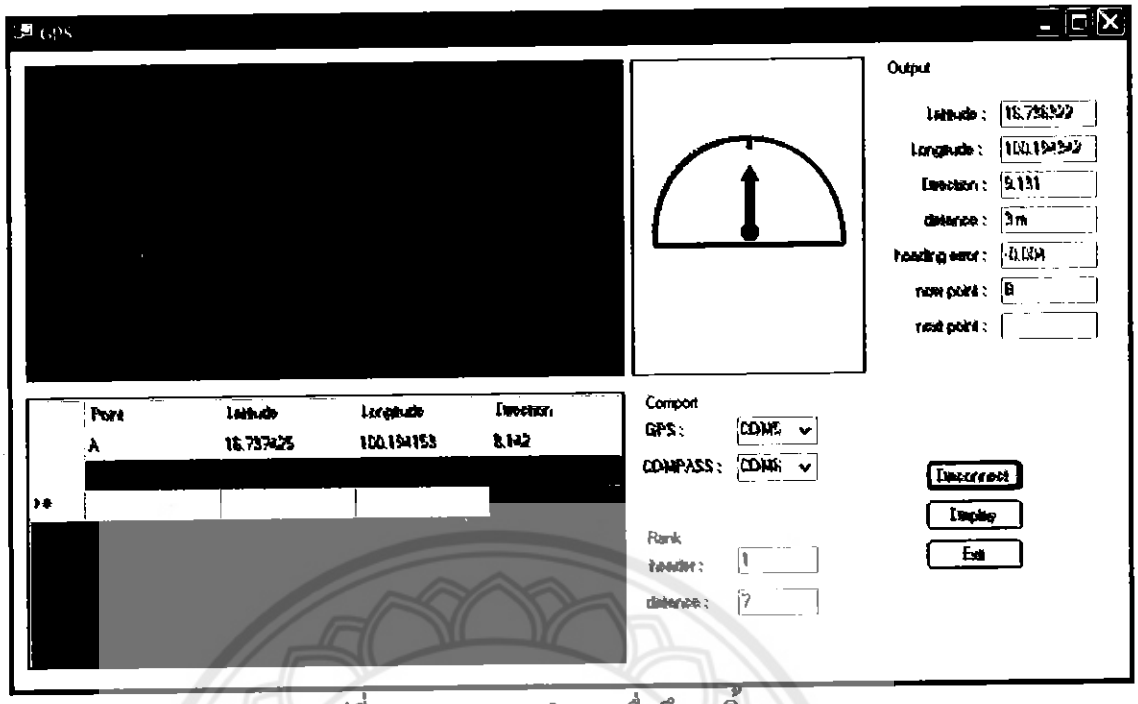
- เมื่อทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะทำการใส่ค่า Latitude ,Longitude และค่าของทิศ (Direction) ของจุด A และจุด B
- เลือก comport ในการเชื่อมต่อกับโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและโมดูลเข็มทิศดิจิตอล
- กำหนดค่าของรัศมีของจุดโดยใส่ค่าของทิศทางและระยะทางก่อนถึงจุดเป้าหมาย
- กดปุ่ม connect



รูปที่ 4.10 แสดงเส้นทางที่ใช้ในการทดสอบ

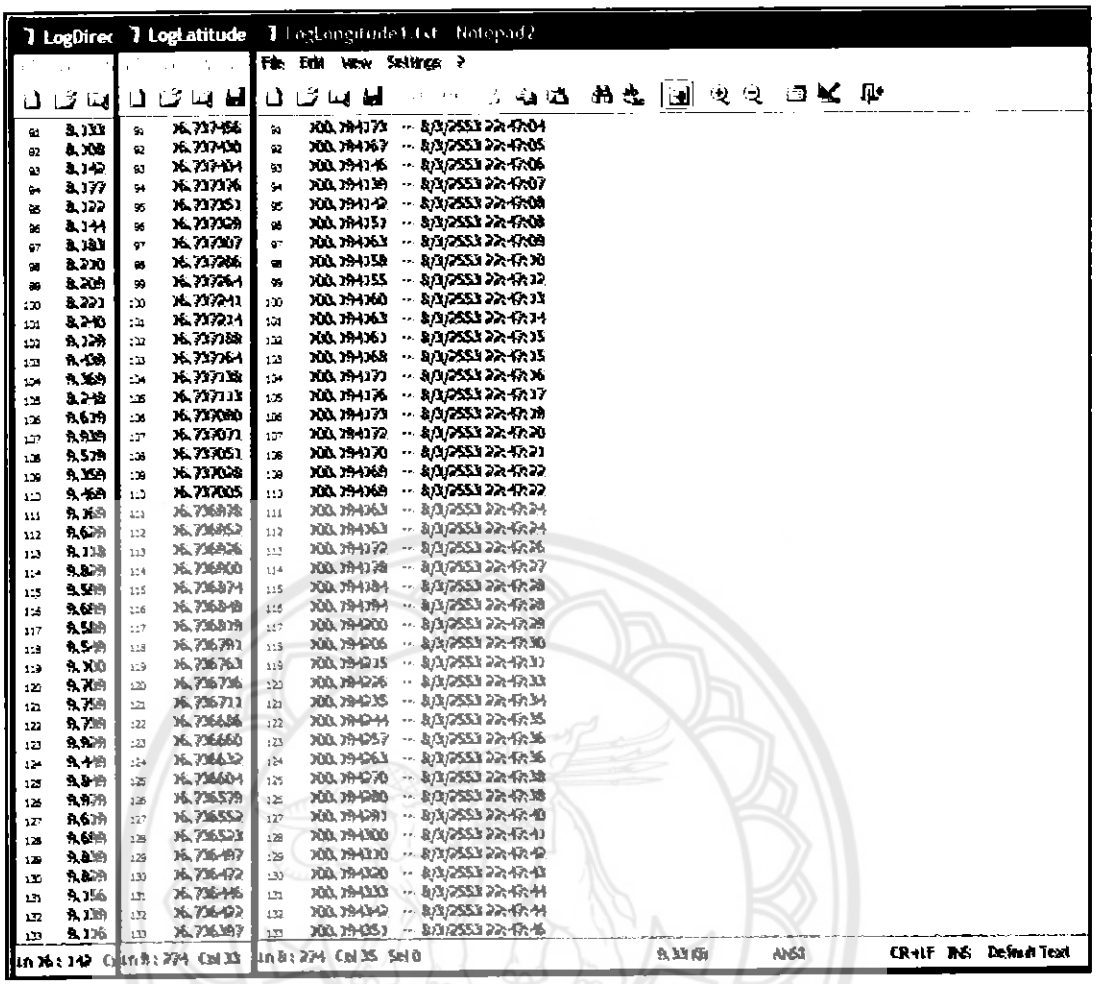


รูปที่ 4.11 แสดงการทำงานที่จุดเริ่มต้น



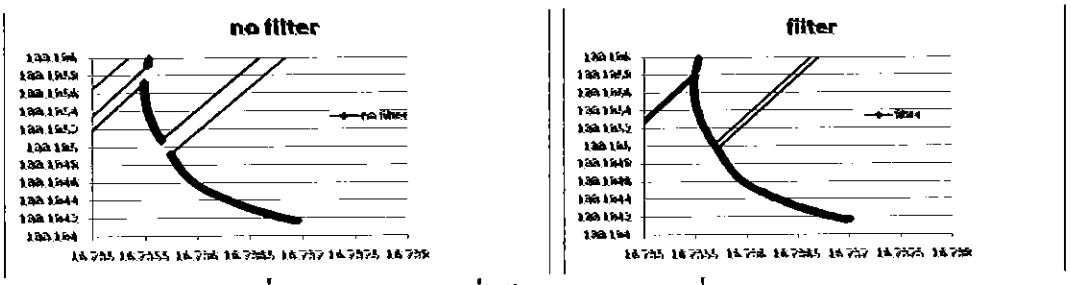
รูปที่ 4.12 แสดงการทำงานเมื่อถึงจุดสิ้นสุด

จากการทดสอบโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการควบคุมรถอัจฉริยะโดยทำการทดสอบจากการเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B เมื่อมีการเคลื่อนที่เข้าใกล้จุดบีในรัศมีที่ตั้งไว้ก็จะแสดงเป็นแถบสีแดงดังรูปที่ 4.12 ซึ่งในระหว่างที่ทำการทดสอบได้ทำการบันทึกค่าของพิกัดภูมิศาสตร์และค่าของทิศทางเอาไว้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงค่า Log File ที่บันทึกค่าการทดสอบโปรแกรม

จาก Log files ที่ได้เป็นค่าของพิกัดภูมิศาสตร์ ค่าของทิศทาง และวัน เวลาในการทดสอบระบบ จะเห็นได้มีค่าที่คาดเคลื่อนอยู่ด้วยซึ่งก็เป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้สำหรับการรับสัญญาณจากดาวเทียม เมื่อนำมาสร้างกราฟที่ได้จากค่าของพิกัดดังกล่าวโดยในกราฟนี้จะแสดงถึงค่าที่ไม่ได้รับทำการ filter และค่าที่ได้ทำการ filter เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของสัญญาณ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟที่ได้จากค่าของพิกัดที่ทำการทดสอบ

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อนพัฒนารถอัจฉริยะไร้คบขับให้มีความสามารถในการตัดสินใจในการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆได้โดยอัตโนมัติ โดยในส่วนของระบบบอกพิกัดบนพื้นโลกนั้นจะช่วยในการหาตำแหน่งปัจจุบันของรถและตำแหน่งของเป้าหมายที่ต้องการจะไป ทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้

5.1 ผลการดำเนินงาน

จากการทดสอบระบบในบทที่ผ่านมาซึ่งได้ทำการทดสอบอยู่ 3 อย่างคือ การทดสอบความคาดเคลื่อนของพิกัด การทดสอบทิศทางในการเข้าหาจุด และการทดสอบโปรแกรมที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา

- ผลจากการทดสอบความคาดเคลื่อนของพิกัด

ในการทดสอบความคาดเคลื่อนของพิกัดได้ทำการทดสอบพิกัดในกรณีที่แตกต่างกัน คือ กรณีที่ถนนปลอดโปร่ง อยู่ในที่โล่ง กรณีที่ถนนมีต้นไม้ปกคลุม และกรณีที่ถนนมีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ จากผลการทดลองสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าในบริเวณถนนที่ปลอดโปร่งสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีกว่าบริเวณถนนที่มีต้นไม้ปกคลุมและบริเวณถนนที่มีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากบริเวณที่มีต้นไม้ปกคลุมมีสภาพความชื้นอยู่มากและในบริเวณที่อาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ซึ่งมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยโลหะซึ่งโลหะจะส่งผลกับการรับค่าสัญญาณจากดาวเทียมทำให้สัญญาณที่ได้รับไม่นิ่งค่าที่ได้จะแกว่งไปมา

- ผลจากการทดสอบทิศทางในการเข้าหาจุด

ในการทดสอบทิศทางในการเข้าหาจุดได้ทำการทดสอบในกรณีที่แตกต่างกันคือ กรณีที่เป็นทางตรง กรณีที่เป็นทางโค้ง และกรณีที่เข้าหาจุดเดียวกันในทิศทางที่ต่างกัน จากผลการทดสอบที่ได้สามารถแสดงให้เห็นถึงทิศทางมีความแตกต่างกันในแต่ละกรณี ทำให้สามารถนำค่าที่ไปกำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่ของรถได้

- ผลจากการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ในการทดสอบโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาซึ่งเหมือนกับการจำลองการทำงานจริงของรถอัจฉริยะ โดยในการทดสอบระบบนั้นได้ใช้รถจักรยานยนต์ในการทดสอบ จากการทดสอบ

ระบบสามารถทำการตัดสินใจในการเคลื่อนที่ได้เองและสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

จากการพัฒนารถอัจฉริยะไร้คนขับโดยระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลก สามารถสรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

5.1.1 เข้าใจการทำงานของ GPS มากขึ้น

5.1.2 เข้าใจเรื่องของพิกัดภูมิศาสตร์มากขึ้น

5.1.3 สามารถทำการรับค่าจากโมดูลของระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกและโมดูลเข็มทิศดิจิตอล ได้

5.1.5 จากการทดสอบทำให้ได้ข้อมูลของพิกัดในสถานที่ต่างๆเพื่อนำไปวิเคราะห์

5.2 ปัญหาที่พบในการพัฒนาระบบ

5.2.1 เนื่องจากในช่วงแรกของการพัฒนาระบบยังไม่ค่อยเข้าใจในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C# จึงทำให้ไม่เป็นตามแผนที่วางไว้

5.2.2 การพัฒนาระบบไม่เป็นไปตามแผนงานที่วางเอาไว้ เนื่องจากการประเมินงานในการพัฒนาระบบต่ำไป

5.2.3 จากบทที่ผ่านมาในสภาวะที่ถนนมีอาคารบ้านเรือนอยู่ใกล้ และในช่วงเวลาที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าพิกัดที่ได้มีความคาดเคลื่อน

5.2.4 ในสภาวะที่มีเมฆมากหรือฝนตกความสามารถในการทำงานของระบบจะลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ปรับปรุงในส่วนของอุปกรณ์ให้มีความละเอียดในการรับสัญญาณมากขึ้น

5.3.2 ปรับปรุงอัลกอริทึมในส่วนของการตัดสินใจเข้าหาจุดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3.3 นำเทคโนโลยีของ Assisted Global Positioning System (A-GPS) มาช่วยในการรับสัญญาณจากดาวเทียม

เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล. **ภูมิศาสตร์ปฏิบัติการ.** ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2527.

[2] ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์. **การประมวลสัญญาณดิจิตอล.** กรุงเทพมหานคร. 2535.

[3] รศ.ดร.ปราโมทย์ มากชู.**คณิตศาสตร์ขั้นสูงสำหรับวิศวกรรมศาสตร์.** ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.2543.

[4] "Global positioning system (GPS)" [online]. Available: http://www.global5thailand.com/thai/gps.htm. 2552.

[5] "โมดูลเข็มทิศดิจิตอล" [online].Available: http://www.wara.com/forums/viewtopic.php?f=8&t=2815. 2552.

[6] "มาตรฐาน GPS - NMEA sentence information" [online]. Available: http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm. 2552.

[7] "Haversine formula" [online]. Available: http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html.2552.

[8] "เทคนิคการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS และ DD จากเครื่อง GPS" [online]. Available: http://www.gpsvisualizer.com/calculators. 2552.

[9] "String in C#" [online]. Available: http://skyfox.byethost2.com/blog/?p=186. 2552.

[10] "การจัดการทางด้านไฟล์ใน C#" [online]. Available: http://www.codetoday.net/Default.aspx?g=posts&t=275. 2552.

ภาคผนวก ก

การทำงานในไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ทำหน้าที่ในการรับค่าสัญญาณจากโมดูลเข็มทิศดิจิตอลซึ่งเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านทางระบบบัส I^2C เพื่อนำมาส่งค่าข้อมูลที่ได้ให้กับคอมพิวเตอร์ในการใช้ประมวลผลต่อไป

Source Code ของโปรแกรม

```
#include<reg51.h>
#include<stdio.h>
#include<intrins.h>
#include<string.h>

#define CH0 0x41
#define CH1 0x42
#define CH2 0x43
#define CH3 0x44

sbit XXSDA  = P1^0;
sbit XXSCL  = P1^1;

void dmsec(unsigned int count){
 unsigned int i;
        while(count){
            i = 115;while(i>0)i--;
            count--;
        }
}
void ipdel(void){
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
```

```
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
}
void xxchigh(void){
        XXSCL = 1;
        ipdel();
}
void xxclow(void){
        XXSCL = 0;
        ipdel();
}
void xxstart(void){
        XXSDA = 1;
        XXSCL = 1;
        XXSDA = 0;
        ipdel();
        XXSCL = 0;
        XXSDA = 1;
}
void xxstop(void){
        XXSDA = 0;
        XXSCL = 1;
        ipdel();
        XXSDA = 1;
}
```

```
bit xxwrbyte(unsigned dat){
        unsigned char i;
        bit outbit;
        for(i=1;i<=8;i++){
            outbit = dat&0x80;
            XXSDA = outbit;
            dat = dat << 1;
            xxchigh();
            xxclow();
        }
        XXSDA = 1;
        xxchigh();
        outbit = XXSDA;
        xxclow ();
        return (outbit);
}

unsigned char xxrdbyte(){
    unsigned char i,dat;
    bit inbit;
    dat = 0;
    for(i=1;i<=8;i++){
        xxchigh();
        inbit = XXSDA;
        dat = dat << 1;
        dat = dat|inbit;
        xxclow();
    }
    XXSDA =1;
    xxchigh();
    inbit = XXSDA;
```

```
        xxclow();
        if(~inbit)dat = 0xff;
        return(dat);
}

unsigned char ADC(unsigned char channel){
        unsigned char temp;
        xxstart();
        xxwrbyte(0xC0);
        xxwrbyte(channel);
        xxstart();
        xxwrbyte(0xC1);
        temp = xxrdbyte();
        xxstop();
        return (temp);
}

void start232(void){
        //SCON = 0x52;
        //TMOD = 0x20;
        //TH1 = -6;PCON|=0x80;
        //TR1 = 1;
        SCON = 0x52;                    // set RS232 parameter
    TMOD |= 0x21;
        TH1 = -10;PCON |= 0x80;         //9600
        TR1  = 1;
        RI = 0;
}
void main(void){
        unsigned char anlg_0,anlg_1;
        float anlgFull_0,anlgFull_1;
```

```
start232();
printf("Microcontroller OK \n");
while(1){
        anlg_0 = ADC(0x02);
        anlg_1 = ADC(0x03);
        anlgFull_0 = anlg_0;
        anlgFull_1 = anlg_1;
        //printf("A = %f \n",anlgFull_0);
        //printf("B = %f \n",anlgFull_1);
        printf("%.0f.%.0f\n",anlgFull_0,anlgFull_1);
        dmsec(3000);
    }
}
```

ภาคผนวก ข

เงื่อนไขในการตัดสินใจเข้าหาจุด

ในระบบของรถอัจฉริยะไร้คนขับนั้นเป็นระบบที่ต้องมีการทำงานได้เองอย่างอัตโนมัติ โดยใช้การคอมพิวเตอร์ทำการควบคุมเพื่อให้รถสามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการ ได้โดยเงื่อนไขในการเข้าหาจุดดังนี้

Source Code

```
private void Car_to_WP(string tLat, string tLon,string Dir)
{ //ประกาศตัวแปร
        int count = dgShow.Rows.Count - 1;
        int i = 0;

        string[] WPoint = new string[count];
        string[] WPLat = new string[count];
        string[] WPLon = new string[count];
        string[] WPDir = new string[count];

        double car_lat = 0.0,car_lon = 0.0,car_dir = 0.0,
            NSdistance = 0.0,EWdistance = 0.0,
            distance_car_to_point = 0.0, heading_car_to_point = 0.0,
            temp_Herr = 0.0,Direct = 0.0;

//*****************************************************************************
        //รับค่าจากตาราง
        for (int j = 0; j < count; j++)
        {
          WPoint[j] = dgShow.Rows[j].Cells[0].Value.ToString();
          WPLat[j] = dgShow.Rows[j].Cells[1].Value.ToString();
          WPLon[j] = dgShow.Rows[j].Cells[2].Value.ToString();
          WPDir[j] = dgShow.Rows[j].Cells[3].Value.ToString();
        }
```

```
        //convert ค่าจาก string เป็น double
        car_lat = Convert.ToDouble(tLat);
        car_lon = Convert.ToDouble(tLon);
        car_dir = Convert.ToDouble(Dir);

        Direct = Convert.ToDouble(WPDir[i]);
        NSdistance = (car_lat - Convert.ToDouble(WPLat[i])) * 109369.2;
        EWdistance = (car_lon - Convert.ToDouble(WPLon[i])) * 106080.0;
//*****************************************************************************
        if(i <= count)
        {
          distance_car_to_point = Math.Sqrt(Math.Pow(NSdistance, 2) +
                                  Math.Pow(EWdistance, 2));
          temp_Herr = heading_error(Direct, car_dir);

          if(temp_Herr < (Direct + Convert.ToDouble(tbRankH.Text)) &&
            temp_Herr > (Direct - Convert.ToDouble(tbRankH.Text)))
          {
            action(25, 0, 0, 0);    //forward
            if(distance_car_to_point < Convert.ToDouble(tbRankDis.Text))
            {
              this.dgShow.Rows[i].DefaultCellStyle.BackColor = System.Drawing.Color.Red;
              tbnow_point.Text = dgShow.Rows[i].Cells[0].Value.ToString();   // now point
              i++;
            }
          }
          else
          {
            if(temp_Herr > (Direct - Convert.ToDouble(tbRankH.Text)))
            {
              action(0, 0, 0, 10);      //turnLeft
            }
```

```
            if (temp_Herr < (Direct + Convert.ToDouble(tbRankH.Text)))
            {
               action(0, 0, 10, 0);       //turnRight
            }
         }
         if (distance_car_to_point < 1000)
         {// Show distance
               tbDis_car_2_point.Text = distance_car_to_point.ToString("#,##0.000") + " m";
               tbHead_err.Text = temp_Herr.ToString("#,##0.000");
         }
      }
      else
      {
         action(0, 10, 0, 0);       //Stop
      }
}
```

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ค

คำสั่ง String ใน C#

สำหรับคำสั่งเกี่ยวกับ String ใน C# [9] นั้นจะเป็น method ที่มีอยู่ใน C# อยู่แล้วซึ่งการนำไปใช้และการค่าของ output ที่ก็จะแตกต่างกันไปในแต่ล่ะ method ดังนี้

1. **Compare (str1, str2)** เปรียบเทียบข้อความ 2 ข้อความ ให้ค่าจำนวนเต็ม 0, 1,-1 โดยให้ค่าดังนี้
   - ถ้า str1 = str2 จะให้ค่า 0
   - ถ้า str1 > str2 จะให้ค่า 1
   - ถ้า str1 < str2 จะให้ค่า -1
2. **str1.CompareTo (str2)** เปรียบเทียบข้อความ 2 ข้อความ ให้ค่าจำนวนเต็ม 0,1,-1
3. **Equals (str1, str2)** เปรียบเทียบข้อความ 2 ข้อความ ให้ค่า True หรือ False
4. **Concat(str1,str2)** เชื่อมข้อความ 2 ข้อความให้เป็นข้อความเดียวกัน
5. **Join (separator,str)** เชื่อมข้อความใน array ให้เป็นข้อความเดียวกัน โดยคั่นด้วย separator

```
string [] str = {"network","report","son"};
string str2 = String.Join(", ",str);
Console.WriteLine(str2);
/*=====Output=====
network, report, son
*/
```

รูปที่ ค-1 แสดงค่า Output ของคำสั่ง Join

6. **Copy(str)** copy string str
7. **StartsWith(str)** ตรวจว่า string นี้ขึ้นต้นด้วย str หรือไม่
8. **Endswith(str)** ตรวจว่า string นี้ลงท้ายด้วย str หรือไม่

```
string [] filename = {"report zip","son.doc","reuse.doc"};
foreach(string file in filename)
    if(file.StartsWith("re"))
        Console.WriteLine(file);
foreach(string file in filename)
    if(file.EndsWith("doc"))
        Console.WriteLine(file);

/*=====Output=====
report zip
reuse.doc
son.doc
reuse.doc
*/
```

รูปที่ ค-2 แสดงค่า Output ของคำสั่ง StartsWith และคำสั่ง EndsWith

9. **str.Length** หาความยาวของข้อความ
10. **str.ToUpper()** เปลี่ยนข้อความให้เป็นตัวพิมพ์ใหญ่
11. **str.ToLower()** เปลี่ยนข้อความให้เป็นตัวพิมพ์เล็ก
12. **str.Trim()** ลบช่องว่างออกทั้งตอนต้นและตอนท้ายของข้อความ
13. **str.TrimStart()** ลบช่องว่างออกเฉพาะตอนต้นของข้อความ
14. **str.TrimEnd()** ลบช่องว่างออกเฉพาะตอนท้ายของข้อความ
15. **str.IndexOf(str2,startindex, length)** การค้นหาตำแหน่ง index ข้อความออกมา **โดยที่**
    - การค้นหาจะค้นหาจากต้น string str ไปยังท้าย string str
    - str2 คือ ตัวอักษร หรือข้อความที่ต้องการค้นหาจาก string str
    - startindex คือ ตำแหน่ง index แรกของ string str ที่ต้องการเริ่มค้นหา
    - length คือ ความยาวของกลุ่มคำจาก startindex ที่ใช้ค้นหา (ช่วงที่ต้องการค้นหา)
    - ถ้าหาไม่เจอจะได้ -1 ออกมา

หมายเหตุ อาจใช้ในรูปแบบดังนี้ก็ได้ str.IndexOf (str2, startindex) ,str.IndexOf(str2) **โดยที่**

- str.IndexOf(str2,startindex) จะค้นหาจากตำแหน่ง startindex จนสุด string
- str.IndexOf(str2) จะค้นหาจากตำแหน่ง index 0 หรือตำแหน่งแรก จนสุด string

```
string str = "Hello...C# Programmers";
Console.WriteLine(str.IndexOf("ello",0, 5));
Console.WriteLine(str.IndexOf('e',5));
Console.WriteLine(str.IndexOf('o',15));
Console.WriteLine(str.IndexOf('e'));

/*=====Output=====
1
19
-1
1
*/
```

รูปที่ ค-3 แสดงค่า Output ของคำสั่ง IndexOf

16. **str.LastIndexOf(str2,startindex, length)** เหมือนกับ IndexOf เพียงแต่ค้นหาจากด้านหลังกลับขึ้นมาแทน

17. **str.Substring(startindex, length)** การตัดเอากลุ่มข้อความออกมา โดยที่

- startindex คือ ตำแหน่ง index แรกของกลุ่มคำที่ต้องการจาก string str
- length คือ ความยาวของกลุ่มคำที่ต้องการจาก string str

```
string str = "Hello...C# Programmers";
string sub = str.Substring(8,1);
Console.WriteLine(sub);

//sub = "C# H"
```

รูปที่ ค-4 แสดงค่า Output ของคำสั่ง Substring

18. **str.Replace(old,new)** การแทนที่ char หรือ string ใน str จาก old เป็น new

```
string str = "Hello...C# Programmers";
string str2 = str.Replace("Hello","Goodbye");
Console.WriteLine(str2);

//str2 = "Goodbye...C# Programmers"
```

รูปที่ ค-5 แสดงค่า Output ของคำสั่ง Replace

19. **str.Remove(index, length)** การตัดเอากลุ่มข้อความออกทิ้งไป โดยที่

- index คือ ตำแหน่ง index แรกของกลุ่มคำที่ต้องการตัดออกจาก string str
- length คือ ความยาวของกลุ่มคำที่ต้องการตัดออกจาก string str

```
string str = "Hello...C# Programmers";
string str2 = str.Remove(1, 3);
Console.WriteLine(str2);

//str2 = "Ho...C# Programmers"
```

รูปที่ ค-6 แสดงค่า Output ของคำสั่ง Remove

20. **str.Insert(index, str2)** การแทรกตัวอักษร หรือข้อความลงใน str

- index คือ ตำแหน่ง index แรกคำที่ต้องการแทรกลงใน string str
- str2 คือ ตัวอักษร หรือข้อความที่ต้องการแทรกลงใน string str

```
string str = "Hello..., How are you?";
string strName = str.Insert(8, "Skyfox");
Console.WriteLine(strName);

//strName = 'Hello...Skyfox, How are you?"
```

รูปที่ ค-7 แสดงค่า Output ของคำสั่ง Insert

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายปฐมพี หอมสอาด

ภูมิลำเนา 163/1 หมู่ 6 ต.หาดกรวด อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมจากโรงเรียนทุ่งกะโล่วิทยา จังหวัดอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: sod_cpe@hotmail.com