ยานยนต์อัตโนมัติควบคุมโดย GPS
Automatic vehicle controlled by positioning with GPS

กรกฎ บุญศรี
กฤติน ลิโมทัย
ขเนนทร มีโชค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ยานยนต์อัตโนมัติควบคุมโดย GPS

Automatic vehicle controlled by positioning with GPS

กรกฎ บุญศรี
กฤติน ลิโมทัย
ชเนนทร มีโชค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC VEHICLE CONTROLLED BY POSITIONING WITH GPS

KORAKOT BOONSRI
KRITIN LIMOTHAI
CHANENTORN MEECHOK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ยานยนต์อัตโนมัติควบคุมโดย GPS
Automatic vehicle controlled by positioning with GPS

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายกรกฎ	บุญศรี	**รหัสนักศึกษา** 53010021
นายกฤติน	ลิโมทัย	**รหัสนักศึกษา** 53010046
นายชเนนทร	มีโชค	**รหัสนักศึกษา** 53010310

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อาจารย์นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ยานยนต์อัตโนมัติควบคุมโดย GPS			
	Automatic vehicle controlled by positioning with GPS			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกรกฎ	บุญศรี	รหัสนักศึกษา	53010021
	นายกฤตินท์	ลิโมทัย	รหัสนักศึกษา	53010046
	นายชเนนทร	มีโชค	รหัสนักศึกษา	53010310
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ			
ปีการศึกษา	2556			

บทคัดย่อ

ระบบ Global Positioning System (GPS) เป็นระบบบอกพิกัดโดยใช้ดาวเทียม ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของเราอย่างมากมาย เช่น ระบบแผนที่เมืองต่างๆ การบอกตำแหน่งในการประมง การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ เป็นต้น จากการพัฒนาระบบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่มีความถูกต้องสูงขึ้น ทำให้มีการใช้งานได้สะดวกขึ้น และราคาลดลง จึงมีแนวโน้มในการประยุกต์ใช้งานระบบ GPS มากขึ้นและมีบทบาทสำคัญในการนำร่องระบบการขนส่งและการสำรวจพื้นที่ต่างๆ

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบ GPS เพื่อประยุกต์ใช้กับงานควบคุมยานยนต์ โดยการส่งค่าพิกัดเป็นจุดหมายให้กับยานยนต์ทางคลื่นวิทยุ และในยานยนต์จะมี GPS Module เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมและทำการแปลงข้อมูลที่ได้ออกมาเป็นพิกัด หลังจากนั้นพิกัดทั้งสองจะถูกนำมาเปรียบเทียบ เพื่อใช้ในการควบคุมยานยนต์ให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic vehicle controlled by positioning with GPS	
Authors	Mr. Korakot	Boonsri
	Mr. Kritin	Limothai
	Mr. Chanantorn	Meechok
Thesis Advisor	Mr. Narin	Tammarugwattana
Year	2013	

ABSTRACT

Recently, Global Positioning System (GPS) is becoming an important role in our daily life, such as city map system, positioning of the fishery, survey of forest resources, etc. The development of satellite receivers with high accuracy makes it easier to use and lower price, Therefore the application of GPS systems becomes more important role in the transport system and the survey areas.

This project has research about GPS systems for applications of vehicle control. By sending the coordinates as a destination to vehicles via radio wave, and vehicle has a GPS Module to receive signals from the satellite which data can be converted into coordinates. After that both coordinates will be compared and use to control the motion of vehicle to the desired position.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอแสดงความขอบคุณต่อท่านอาจารย์ นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ให้คำปรึกษา แนวความคิดและคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี พร้อมกันนี้ใคร่ขอขอบคุณพี่ ๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้คำปรึกษาด้านต่างๆ อาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ที่ผ่านมา เพื่อมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเบิกและยืมอุปกรณ์ต่างๆ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 1
1.4 แผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 GPS (Global Positioning System) 3
2.1.2 ประวัติความเป็นมา 3
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของตำแหน่ง 4
2.1.4 องค์ประกอบหลักของระบบ GPS 4
2.1.4.1 ส่วนอวกาศ (Space segment) 4
2.1.4.2 ส่วนควบคุม (control segment) 5
2.1.4.3 ส่วนผู้ใช้งาน (user segment) 5
2.1.5 การคำนวณหาตำแหน่ง 5
2.1.6 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS 13
2.1.7 หลักการทำงาน GPS 14
2.1.8 การหาตำแหน่งในระบบ GPS 15
2.1.9 ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐาน NMEA 16
2.2 Arduino Mega 2560 rev.3 17
2.3 การควบคุมมอเตอร์ด้วย H-Bridge Switching 19
2.4 โมดูลเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ CMPS03 23
2.4.1 คุณสมบัติ 24
2.4.2 ตำแหน่งขาและการต่อใช้งาน 24
2.4.3 การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลCMPS03 25
2.4.4 การอ่านค่าทิศทางเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I2C 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5 Bluetooth....27
2.5.1 เป้าหมายของ Bluetooth....28
2.5.2 ลักษณะการทำงานของบลูทูธ....28
2.6 Ultrasonic sensor....28
2.6.1 ระบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic)....28
2.6.2 การวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค โมดูล HC-SR04....29
2.6.3 ข้อมูลเชิงเทคนิคของโมดูล HC-SR04....30
2.7 Rc Servo ความรู้พื้นฐานในการใช้งานเซอร์โว....31
2.7.1 ขนาดของเซอร์โว....32
2.7.2 Speed และ Torque Ratings....33
2.7.3 Digital Servos กับ Analog Servo....34
2.7.4 Coreless & Brushless Servo Motors....37
2.7.5 RC Servo Bearings, Metal Gears....38

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน....41
3.1 ขั้นตอนการเตรียมการ....41
3.1.1 การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบ GPS....41
3.1.2 การศึกษาทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ....41
3.1.3 การเตรียมอุปกรณ์ และการทดสอบอุปกรณ์....41
3.1.4 การออกแบบ และสร้างโมเดลรถ....41
3.1.5 การเตรียมการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C ในรูปแบบของ Arduino....41
3.2 โครงสร้างการทำงานของระบบ....41
3.3 หลักการคำนวณระยะทางและทิศทางของรถ....43
3.3.1 การคำนวณระยะทางระหว่างจุด 2 จุด....43
3.3.2 การคำนวณหา Bearing ระหว่างจุด 2 จุด....43
3.4 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม....45
3.5 การออกแบบและสร้างโมเดลรถ....46
3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....48
3.7 การจัดเก็บผลการทดลอง....48

บทที่ 4 ผลการทดลอง....49
4.1 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม....49
4.1.1 การทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของการจอดโดยกำหนดจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย ให้คงที่....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.1.1 การทดลองที่ 1 49
4.1.1.2 การทดลองที่ 2 50
4.1.2 การทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของจุดจอดโดยกำหนดจุดเป้าหมายให้คงที่ 51
4.1.2.1 การทดลองที่ 3 51
4.1.2.2 การทดลองที่ 4 52
4.1.2.3 การทดลองที่ 5 53
4.1.2.4 การทดลองที่ 6 54
4.1.3 การทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนความถูกต้องและความสามารถในการทำซ้ำที่จุดเดิม 56
4.1.3.1 การทดลองที่ 7 56
4.1.3.2 การทดลองที่ 8 57
4.2 ผลการทดลองทั้งหมด 59

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 60
5.1 สรุปผลการทดลอง 60
5.2 ปัญหาที่พบจากการดำเนินงาน 60
5.3 ข้อเสนอแนะ 60
5.4 แนวทางการประยุกต์และพัฒนาต่อ 60

บรรณานุกรม 62

ภาคผนวก 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงแผนการดำเนินการ....2
2.1 ตารางแสดงตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายในโมดูลCMPS03....26
4.1 ตารางแสดงพิกัดที่กำหนดจุดเริ่มต้น และจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 1....49
4.2 ตารางแสดงแสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 1....50
4.3 ตารางแสดงพิกัดที่กำหนดจุดเริ่มต้น และจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 2....50
4.4 ตารางแสดงแสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 2....50
4.5 ตารางแสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 3....51
4.6 ตารางแสดงแสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 3....52
4.7 ตารางแสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 4....53
4.8 ตารางแสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 4....53
4.9 ตารางแสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 5....54
4.10 ตารางแสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 5....54
4.11 ตารางแสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 6....55
4.12 ตารางแสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 6....55
4.13 ตารางแสดงจุดพิกัดอ้างอิงการทดลองที่ 7....56
4.14 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 1....56
4.15 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 2....56
4.16 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 3....57
4.17 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 4....57
4.18 แสดงจุดพิกัดอ้างอิงการทดลองที่ 8....58
4.19 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 1....58
4.20 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 2....58
4.21 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 3....58
4.22 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 4....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รูปแสดงไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560	18
2.2	รูปแสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560	19
2.3	รูปแสดงวงจร H-Bridge Switching	19
2.4	รูปแสดงการทำงานวงจร H-Bridge Switching	20
2.5	รูปแสดงการทำงานวงจร H-Bridge Switching ในอีกทิศทางหนึ่ง	20
2.6	รูปแสดงวงจรภายในของRelay	21
2.7	รูปแสดงวงจร H-Bridge Switching โดยใช้Relay	21
2.8	รูปแสดงการทำงานวงจร H-Bridge Switching โดยใช้ Relay	22
2.9	รูปแสดงการทำงานวงจร H-Bridge Switching โดยใช้Relay	22
2.10	รูปแสดงโมดูลเข็มทิศ CMPS03	23
2.11	รูปแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาสำหรับการต่อใช้งาน	25
2.12	รูปแสดงไทมิ่งไดอะแกรมของการติดต่อสื่อสารกับโมดูล CMPS03 ผ่านระบบบัส I2C	27
2.13	รูปแสดงภาพอุปกรณ์ HC-SR04	30
2.14	รูปแสดงองค์ประกอบหลักของเซอร์โว	31
2.15	รูปแสดงระบบการทำงานของเซอร์โว	32
2.16	รูปแสดงเซอร์โวขนาดต่างๆ	32
2.17	รูปแสดงเซอร์โวอนาล็อกและดิจิตอล	34
2.18	รูปแสดงอนาล็อกเซอร์โว	34
2.19	รูปแสดงดิจิตอลเซอร์โว	35
2.20	รูปแสดง Coreless & Brushless Servo Motors	37
2.21	รูปแสดง Coreless Servo Motors	37
2.22	รูปแสดง Bearings	38
2.23	รูปแสดง Bearing & Bushing	38
2.24	รูปแสดงเฟืองชนิดพลาสติก	39
2.25	รูปแสดงเฟืองชนิดโลหะ	39
2.26	รูปแสดงเฟืองผสมโลหะครึ่งหนึ่งและพลาสติกครึ่งหนึ่ง	40
3.1	รูปแสดง Block Diagram ภาพรวมของกระบวนการทำงาน	42
3.2	รูปแสดงตัวอย่างค่าที่ได้จากคำนวณหาระยะทางและทิศทาง	44
3.3	รูปแสดงโฟลชาร์ต	45
3.4	รูปแสดงการสร้างและการออกแบบโมเดลรถ	46
4.1	รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 1 และ2	51
4.2	รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 3	52
4.3	รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 4	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

4.4 รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 5.....54
4.5 รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 6.....55
4.6 รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 7.....57
4.7 รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 8.....59
4.8 รูปแสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ทั้งหมด.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle) ได้รับความสนใจและถูกพัฒนาไปอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อวัตถุประสงค์ทางการทหาร และการสำรวจทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่เสี่ยงภัย หรือการบังคับยานพาหนะโดยมีมนุษย์นั้นเป็นไปด้วยความยากลำบากและอาจเป็นอันตรายได้ จึงมีการใช้ระบบ GPS (Global Positioning Satellite System) ในระบบนำร่อง (Navigation system) เพื่อควบคุมให้ยานยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่เป้าหมายได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งในการพัฒนายานยนต์อัตโนมัตินี้จะมีโครงสร้างและองค์ประกอบแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ ยกตัวอย่างเช่น ระบบนำร่อง ระบบควบคุม ระบบสื่อสาร และระบบขับเคลื่อน เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยิ่งการควบคุมการเคลื่อนที่และตำแหน่งของยานยนต์มีประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำสูงขึ้นเท่าใด ก็หมายความว่าอัลกอริธึมที่ใช้ในการควบคุมยานยนต์นั้นก็จะต้องมีความซับซ้อนมากขึ้น และส่งผลต่อความต้องการหน่วยประมวลผลประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย ในขณะที่การตอบสนองความต้องการในการประยุกต์ใช้งานในท้องถิ่นหรือชุมชนนั้น การสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพโดยมีค่าใช้จ่ายต่ำก็เป็นอีกแนวทางการพัฒนาหนึ่งที่ได้รับความสนใจเช่นเดียวกัน และด้วยแนวความคิดนี้เองโครงงานนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาระบบนำร่องและควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของยานยนต์ขนาดเล็กแบบอัตโนมัติ ด้วยอัลกอริธึมที่ไม่ซับซ้อนสามารถประมวลผลได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถพัฒนาได้โดยง่ายและประหยัด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการใช้ระบบพิกัด GPS เพื่อการควบคุมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อควบคุมยานพาหนะให้เคลื่อนที่ไปจุดหมายที่กำหนดได้โดยรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์
3. เพื่อเป็นแบบจำลองของยานยนต์ไร้คนขับในอนาคตต่อไป

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สามารถส่งค่าข้อมูลพิกัด GPS ไปยังรถ แล้วสามารถรับค่าพิกัด GPS ของรถกลับมาแสดงผลในคอมพิวเตอร์ได้
2. สามารถนำค่าพิกัด GPS มาคำนวณหาทิศทางได้
3. สามารถควบคุมรถให้เคลื่อนที่ไปตามพิกัด GPS ที่กำหนดไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินการ

การดำเนินงาน	พ.ศ.2556							พ.ศ.2557	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.หาข้อมูลและวางแผนการทำงาน									
2.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง									
3.ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง									
5.การสร้าง,ประกอบชิ้นส่วนและการทดสอบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง									
6.การเขียนโปรแกรมและทดสอบโปรแกรม									
7.ทดสอบตัวโปรแกรม เก็บผลการทดลอง และปรับปรุงตัวโปรแกรม									
8.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุม การเคลื่อนที่ตามจุดพิกัดที่กำหนด
2. ได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นกลุ่ม และการบริหารเวลา
3. ได้ฝึกการค้นคว้าและหาความรู้ด้วยตนเอง
4. ผู้ที่สนใจในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และนำเทคโนโลยีระบบควบคุมการเคลื่อนที่ตามพิกัดไปใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 GPS (Global Positioning System)

2.1.1 ความหมายของ GPS (Global Positioning System)

GPS (Global Positioning System) ชื่อภาษาไทยตามบัญญัติของคณะกรรมการบัญญัติศัพท์เทคโนโลยีสารสนเทศ ราชบัณฑิตยสถาน เมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2541 ระบุไว้ว่า ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก คือ ระบบบอกตำแหน่งบนผิวพื้นโลก โดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลกซึ่งทราบตำแหน่ง ทำให้ระบบนี้สามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลก โดยเครื่องรับสัญญาณ GPS รุ่นใหม่ๆนั้น สามารถที่จะคำนวณความเร็วและทิศทางเพื่อนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมแผนที่ เพื่อใช้ในการนำทางได้ เครือข่ายดาวเทียมที่ใช้ในปัจจุบันที่เปิดให้ใช้ฟรี คือ เครือข่ายดาวเทียมของอเมริกา ที่มีชื่อว่า NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS ระบบนี้จะมีดาวเทียมจำนวน 28 ดวง โดยมีการนำมาใช้งานจริงจำนวน 24 ดวง โดยที่มีดาวเทียมอีก 4 ดวงเป็นดาวเทียมสำรอง ซึ่งจะอยู่ในการบริหารงานโดย Department of Defenses และมีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลกที่ 20,162.81 กม. หรือประมาณ 12,600 ไมล์

2.1.2 ประวัติความเป็นมา

แนวคิดในการพัฒนาระบบจีพีเอส เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา นำโดย Dr. Richard B. Kershner ได้ติดตามการส่งดาวเทียมสปุตนิกของโซเวียต และพบปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ของคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียม พวกเขาพบว่าหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นผิวโลก ก็สามารถที่จะระบุตำแหน่งของดาวเทียมได้จากการตรวจวัดดอปเปลอร์ และในทางกลับกัน หากทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียม ก็สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นโลกได้

กองทัพเรือสหรัฐได้ทดลองระบบนำทางด้วยดาวเทียม ที่ชื่อว่า TRANSIT เป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1960 ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมจำนวน 5 ดวง ส่วนดาวเทียมที่ใช้ในระบบจีพีเอส (GPS Block-I) ส่งขึ้นทดลองเป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1978 เพื่อใช้ในทางการทหาร

เมื่อ ค.ศ. 1983 หลังจากที่เกิดเหตุการณ์โคเรียนแอร์ไลน์ เที่ยวบินที่ 007 ของเกาหลีใต้บินพลัดหลงเข้าไปในน่านฟ้าของสหภาพโซเวียต และถูกยิงตก ผู้โดยสาร 269 คนเสียชีวิตทั้งหมด ประธานาธิบดีโรนัลด์ เรแกน ได้ประกาศว่า เมื่อพัฒนาระบบจีพีเอสแล้วเสร็จ จะอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปใช้งานได้

ดาวเทียมจีพีเอส เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์ หรือ 10,900 ไมล์ทะเล) จากพื้นโลก ใช้การยืนยันตำแหน่งโดยอาศัยพิกัดจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ดาวเทียมจะโคจรรอบโลกเป็นเวลา 4-8 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบ ที่ความเร็ว 4 กิโลเมตร/วินาที การโคจรแต่ละรอบนั้นสามารถได้เป็น 6 ระนาบๆ ละ 4 ดวง ทำมุม 55 องศา โดยทั้งระบบจะต้องมีดาวเทียม 24 ดวง หรือมากกว่า เพื่อให้สามารถยืนยันตำแหน่งได้ครอบคลุมทุกจุดบนผิวโลก ปัจจุบัน เป็นดาวเทียม GPS Block-II มีดาวเทียมสำรองประมาณ 4-6 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของตำแหน่งที่ระบุโดยดาวเทียมจีพีเอส

1. จำนวนดาวเทียม จำนวนยิ่งมากยิ่งมีโอกาสที่จะได้ความถูกต้องที่สูงขึ้นจากการวิเคราะห์ตำแหน่ง
2. ตำแหน่งและการเรียงตัวของดาวเทียม (satellite configuration) (ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่าการลดสัดส่วนของความแม่นยำ DOP (Dilution of Precision))
3. ชนิดของสัญญาณที่นำมาใช้วิเคราะห์ (code หรือ phase หรือทั้งสองอย่าง)
4. จำนวนสัญญาณคลื่นความถี่ (ความถี่เดี่ยว หรือ ความถี่คู่ หรือ มากกว่า)
5. วิธีการวิเคราะห์ (วิเคราะห์ตำแหน่งแบบเชิงเดี่ยว (single หรือ precise point positioning) หรือ ตำแหน่งสัมพัทธ์ (relative positioning)
6. เทคนิคการขจัดผลกระทบเนื่องจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere เป็นชั้นอากาศเบาบาง ที่ประกอบด้วยแก๊สที่แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ)
7. เทคนิคการประมาณผลกระทบจากโทรโปสเฟียร์ (troposphere เป็นชั้นอากาศที่เราอาศัยอยู่)
8. คุณภาพของข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมว่าใช้จากแหล่งใด (ข้อมูลนำหน navigation message หรือ ข้อมูลจาก IGS (final ephemeris product SP3))
9. ผลกระทบเนื่องจากสหวิถี (multi-path) ซึ่งเป็นผลจาการสะท้อนของสัญญาณ
10. การผสมผสานระบบดาวเทียมหลาย ๆ อย่าง (ที่เรียก GNSS (Global Navigation Satellite System))
11. ผลกระทบอื่น ๆ (random noise error)
12. ความสามารถในการกรองข้อมูล (data filtering technique)

2.1.4 องค์ประกอบหลักของระบบ GPS

ในระบบ GPS นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ส่วนอวกาศ (Space segment) ส่วนควบคุม(control segment) ส่วนผู้ใช้งาน (user segment)

2.1.4.1 ส่วนอวกาศ (Space segment)

ส่วนอวกาศนั้นก็จะประกอบไปด้วยเครือข่ายของดาวเทียมซึ่งก็จะมีเครือข่ายดาวเทียมอยู่ 3 ค่าย นั้นก็คือ เครือข่ายดาวเทียมของอเมริกา เครือข่ายดาวเทียมของยุโรป เครือข่ายดาวเทียมของรัสเซีย ในสถานะของภาคประชาชนสามารถที่จะใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกามีชื่อว่า NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS) ได้ฟรี รัฐบาลสหรัฐ ได้เปิดให้ประชาชนทั่วไปสามารถที่จะใช้ข้อมูลดังกล่าวในระดับความแม่นยำที่ไม่เป็นภัยต่อความมั่นคงของรัฐ นั้นก็หมายความว่าระบบระบุตำแหน่งนั้นจะมีความแม่นยำที่อยู่ในระดับบวก(+) / ลบ(-) 10 เมตร โดยเครือข่ายนี้จะมีดาวเทียมจำนวน 28 ดวง โดยมีการนำมาใช้งานจริงจำนวน 24 ดวงนะครับ โดยที่มีดาวเทียมอีก 4 ดวงเป็นดาวเทียมสำรองนะครับ ซึ่งจะอยู่ในการบริหารงานโดย Department of Defenses และมีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลกที่ 20,162.81 กม. หรือประมาณ 12,600 ไมล์ โดยที่ดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาในการโคจรรอบโลกประมาณ 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 ส่วนควบคุม (control segment)

ส่วนควบคุมประกอบไปด้วยสถานีที่ทำหน้าที่ควบคุมและสังเกตการณ์การทำงานของดาวเทียมให้อยู่ในสภาพที่ถูกต้องเสมอ โดยส่วนควบคุมจะส่งข้อมูลการโคจร (navigation massage) ไปยังดาวเทียมวันละครั้ง หรือตามที่ต้องการ โดยมีสถานีใหญ่อยู่ที่ Falcon Air Force Base ประเทศ อเมริกา และศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก

2.1.4.3 ส่วนผู้ใช้งาน (user segment)

ผู้ใช้งานก็จะต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นสัญญาณและแปรรหัสจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไป

2.1.5 การคำนวณหาตำแหน่ง

หลักการพื้นฐานของ GPS ทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวง สัญญาณดาวเทียมนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่งของดาวเทียมดวงนั้นๆ และเวลาในขณะส่งสัญญาณ เครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องประมวลผลความแตกต่างของข้อมูลเวลา (ขณะส่งสัญญาณ) ที่ได้รับเทียบกับเวลาจริง ณ ปัจจุบัน เพื่อแปรเป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมแต่ละดวง การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS มีหลักการและข้อควรคำนึงถึงดังต่อไปนี้ คือ

1).การรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยหลักการรูปสามเหลี่ยมระหว่างดาวเทียมกับ เครื่องรับ
2).การหาระยะทางระหว่างเครื่องรับและดาวเทียมโดยใช้การคำนวณจากเวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ
3).ในดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณ GPS จำเป็นจะต้องมีนาฬิกาที่มีความละเอียดสูงมาก
4).นอกจากระยะทางแล้วจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ในอวกาศด้วย
5).ความเร็วของคลื่นวิทยุจะเดินทางได้ช้าลงในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) และชั้นบรรยากาศโลก (Atmosphere) จึงต้องทำการปรับแก้ สำหรับจุดนี้ด้วย

การทำงานภายในเครื่องรับสัญญาณตั้งแต่การรับสัญญาณข้อมูล จนกระทั่ง คำนวณออกมาเป็นค่าพิกัดตำแหน่ง มีขั้น ตอน ดังนี้คือ

ขั้นที่ 1 การรับสัญญาณจากดาวเทียม

ดาวเทียมจะเป็นเหมือนหมุดหลักฐานสำหรับการคำนวณหาตำแหน่งโดยใช้หลักการรูปสามเหลี่ยม เครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องคำนวณหาระยะระหว่างดาวเทียมกับตัวของมันเอง สิ่งที่เราต้องรู้เพื่อใช้ในการคำนวณคือ ตำแหน่งของดาวเทียมดวงนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางที่ถูกต้อง สมมุติว่าเราคำนวณได้ว่าเราอยู่ห่างจากดาวเทียม A 11,000 ไมล์ ขณะเดียวกันเราก็อยู่ห่างจากดาวเทียม B 12,000 ไมล์ ดังนั้นตำแหน่งของเราจึงอยู่บนโลกทรงกลม ณ ตำแหน่งที่ดาวเทียม A (รัศมี 11,000 ไมล์) และดาวเทียม B (12,000 ไมล์) ตัดกัน ดังนั้นถ้าเราได้ระยะจากดาวเทียมมากดวงขึ้น ก็จะสามารถบอกตำแหน่งได้แน่นอนยิ่งขึ้น เช่น ถ้าเรารู้ว่าอยู่ห่างจากดาวเทียม C เป็นระยะ 13,000 ไมล์ ก็จะบอกตำแหน่งที่ทรงกลมตัดกันได้ 2 จุด ถ้าเราวัดหาระยะดาวเทียมดวงที่ 4 ได้ จะยิ่งคำนวณตำแหน่งได้แม่นยำยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดี จากการวัดระยะดาวเทียม 3 ดวงก็สามารถบอกตำแหน่งได้แล้ว ระยะห่างจากดาวเทียมทั้ง 3 ดวงกับเครื่องรับสัญญาณ GPS จะสามารถระบุตำแหน่งบนผิวโลกได้หากพื้นผิวโลกแบนเป็นแนวราบ เช่น ในทะเล จะเลือกใช้วัดแบบ 2D (2 มิติ) คือ พิกัดราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเดียวได้แต่ในความเป็นจริงพื้นผิวโลกมีความโค้งเว้าเนื่องจากสัณฐานของโลกมีลักษณะกลมแป้น และประกอบไปด้วยพื้นที่ราบและเทือกเขาสูงต่างๆ ดังนั้นหากต้องการได้ตำแหน่ง 3D (3 มิติ) จะต้องวัดจากดาวเทียม 4 ดวง จึงจะทำให้สามารถคำนวณหาความสูงได้เพื่อทำให้ได้ค่าพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น

ขั้นที่ 2 การวัดระยะจากดาวเทียม

การวัดระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับนั้นทำได้โดยการใช้สมการง่ายๆ คือ

ระยะทาง = ความเร็ว * ระยะเวลา

ระบบ GPS ทำงานโดยการหาว่าสัญญาณวิทยุที่ส่งออกมาจากดาวเทียมจนถึงเครื่องรับใช้เวลาเดินทางนานเท่าไร แล้วจึงนำเวลาที่หาได้มาคำนวณหาระยะทางโดยที่เราทราบว่าคลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสง คือ 186,000 ไมล์/วินาที ดังนั้นถ้าเรารู้เวลาที่แน่นอนในขณะที่ดาวเทียมเริ่มปล่อยสัญญาณวิทยุ และเวลาที่เราเริ่มรับสัญญาณนั้นได้ ก็จะได้เวลาที่คลื่นวิทยุเดินทางนำมาคูณกับความเร็วในการของคลื่น (186,000 ไมล์) ก็จะได้ระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียม เราต้องได้ระยะเช่นนี้เป็นจำนวน 3 ค่า จากดาวเทียม 3 ดวง จึงจะสามารถคำนวณหาตำแหน่งได้

เมื่อหลักการคำนวณเป็นเช่นนี้ แน่นอนว่านาฬิกาที่ใช้ในเครื่องรับสัญญาณ GPS และที่ติดตั้งบนดาวเทียมจะต้องเป็นนาฬิกาที่ดีมากๆ เพราะเวลาที่วัดได้จะต้องน้อยมาก เนื่องจากแสงเดินทางเร็วมาก โดยปกติถ้าดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณอยู่เหนือศีรษะเราพอดีคลื่นวิทยุจะใช้เวลาเพื่อเดินทางมาถึงเราเพียง 0.06 วินาทีเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ GPS จึงได้นำเอาวิวัฒนาการทางอิเลคทรอนิคส์มาใช้ การที่จะได้ความถูกต้องของเวลาในระดับที่ GPS ต้องการ จะต้องใช้นาฬิกาอิเลคทรอนิคส์ที่มีราคาแพงมาก ซึ่งให้เวลาที่ละเอียดถูกต้องสูง นาฬิกาดาวเทียมจะอ่านเวลาได้เป็นนาโนเซคกัน (Nano second) หรือ 0.000000001 วินาที

เรารู้เวลาที่สัญญาณเริ่มส่งจากดาวเทียมได้อย่างไร เราต้องรู้เวลาที่แน่นอนที่สัญญาณเริ่มถูกปล่อยออกจากดาวเทียม ผู้ออกแบบเครื่องรับสัญญาณ GPS ใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่อยู่ในเครื่องรับให้เหมือนกันกับที่ส่งจากดาวเทียม และเครื่องทั้งสองนั้นจะต้องสร้างรหัสในเวลาที่ตรงกัน (Pseudo Random Code) ดังนั้นสิ่งที่เราต้องกระทำก็คือ การรอรับรหัสที่ดาวเทียมปล่อยออกมา และมองย้อนกลับไปว่าเครื่องของเราได้เริ่มสร้างรหัสที่มีรูปร่างเหมือนกันแล้วเป็นเวลานานเท่าใด เวลาที่แตกต่างก็คือ เวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางมาถึงเครื่องรับ การที่ต้องสร้างรหัสให้เป็นชุดรหัสเชิงตัวเลขที่ซับซ้อนก็เพื่อสามารถนำรหัสทั้งสองมาเปรียบเทียบกันได้ง่าย นอกจากนี้ ด้วยเหตุผลทางวิชาการแล้ว รหัสซ้ำซ้อนนี้จะทำให้มองเห็นเหมือนคลื่นวิทยุที่ต่อเนื่องกันยาวๆ

ขั้นที่ 3 การคำนวณหาเวลาที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์/วินาที จะเกิดอะไรขึ้นหากเครื่องรับสัญญาณบันทึกเวลาคลาดไป 1/100 วินาที ผลก็คือ เราจะคำนวณระยะทางผิดไปถึง 1,860

ไมล์ และเราจะมั่นใจได้อย่างไรว่านาฬิกาที่ใช้มีความถูกต้องแม่นยำ ปัญหานี้สามารถอธิบายให้เกิดความมั่นใจได้ว่านาฬิกาที่ติดตั้งอยู่ในดาวเทียมใช้ นาฬิกาอะตอม ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้อง ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอมนี้ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่อง นาฬิกาอะตอมไม่ได้เดินด้วยพลังงานอะตอม ที่ให้ชื่อว่าอะตอมเป็นเพราะใช้การวัดจังหวะจากอนุภาคของสารเฉพาะ เหมือนเครื่องเคาะจังหวะ อะตอมนี้จะให้เวลาที่แน่นอนและถูกต้องที่สุดที่มนุษย์เราประดิษฐ์ขึ้นมาได้ ดังนั้นถ้านาฬิกาบอกเวลาเที่ยง 12:00 น. ก็หมายถึงเวลาเที่ยง 12:00 จริงๆ ในกรณีนี้แม้ว่านาฬิกาที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องรับสัญญาณ GPS จะเป็นนาฬิกาที่มีความถูกต้องธรรมดาเท่านั้น ก็ยังสามารถอาศัยการวัดระยะจากดาวเทียมเข้ามาช่วยได้ โดยทำการวัดระยะจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวงเพื่อใช้ในการปรับแก้เวลาของเครื่องรับที่ไม่สมบูรณ์

ขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทำโดยการลบ (หรือบวก) เวลาให้กับทุกๆ ค่าโดยเท่าๆ กัน จนกว่าจะได้ค่าคำตอบที่ทุกๆ ระยะมาตัดกันที่ตำแหน่งเดียวกัน สำหรับกรณีตัวอย่างนี้ สุดท้ายโปรแกรมก็จะพบว่าการลบเวลาออกจากระยะที่วัดได้หนึ่งวินาทีจะทำให้วงกลมทั้งสามตัดกันที่จุดเดียวกัน จึงแสดงได้ว่านาฬิกาเดินช้าไป 1 วินาที ที่จริงแล้ว วิธีการที่โปรแกรมภายในเครื่องรับสัญญาณ GPS ใช้ในการคำนวณหาคำตอบนั้นใช้หลักการง่ายๆ ของการแก้สมการพิชคณิต 4 สมการนั่นเอง ดังนั้นแนวคิดก็คือ การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งดวงจะทำให้สามารถขจัดความคลาดเคลื่อนของเวลาที่เกิดจากนาฬิกาเดินไม่ถูกต้องได้ดียิ่งขึ้น (เนื่องจากมีตัวแปรให้แก้สมการเพิ่ม) การวัดหาค่าแบบ 3 มิติ ต้องการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ได้ค่าการวัดถึง 4 ค่าเพื่อจะได้กำจัดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

การออกแบบระบบ GPS นั้น จะมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง บนท้องฟ้าเสมอทุกตำแหน่ง การออกแบบเครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องทำให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 4 ดวงด้วย โดยมีหลักอยู่ว่า ถ้าต้องการให้เครื่องแสดงผลการวัดต่อเนื่องและเป็นแบบทันทีทันใด (Real Time) เครื่องรับต้องมีช่องรับสัญญาณ 4 ช่อง โดยช่องรับสัญญาณแต่ละช่องจะรับสัญญาณจากดาวเทียมแยกแต่ละดวง เพื่อจะสามารถรับสัญญาณ 4 ดวงในเวลาพร้อมกันได้ และประมวลผลค่าตำแหน่งพิกัดแบบทันทีทันใดได้อย่างต่อเนื่อง

แต่สำหรับการใช้งานบางครั้งก็ไม่ต้องการความถูกต้องและแสดงผลรวดเร็วทันที ในกรณีนี้เครื่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียวอาจเพียงพอสำหรับการใช้งาน เครื่องรับสัญญาณที่มีช่องรับสัญญาณช่องเดียวจะทำการรับดาวเทียม 4 ดวงได้โดยการจัดลำดับเรียงการรับสัญญาณจากดาวเทียมจนครบทั้ง 4 ดวง จึงนาค่าเวลาที่ได้มาประมวลผลเวลา การคำนวณนี้อาจใช้เวลาระหว่าง 2 - 30 วินาที ซึ่งในการใช้งานบางอย่างก็เร็วพอเพียงแล้ว ข้อเสียที่ชัดเจนของเครื่องรับประเภทนี้คือ จะทำงานในการหาความเร็วได้ไม่ดี การใช้หาความเร็วเป็นการใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณ GPS เครื่องสามารถแสดงความเร็วในการเดินทางได้ถูกต้องมาก สำหรับเครื่องรับประเภทหนึ่งช่องสัญญาณ หากเครื่องรับมีการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่นั้น จะมีผลทำให้การคำนวณค่าตำแหน่งมีความผิดพลาดได้มาก

ข้อเสียอีกประการหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวจะเกิดขึ้นเมื่อดาวเทียมส่งรายงานสภาพระบบ(System Condition Message) สำหรับการเปลี่ยนรับดาวเทียมดวงใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลาติดต่อถึง 30 วินาที ในเวลานั้นเครื่องรับสัญญาณจะไม่สามารถคำนวณทิศทางได้ ดังนั้นเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ได้รับความนิยมใช้ก็คือ เครื่องรับสัญญาณที่มี 2 ช่องรับสัญญาณ โดยในการทำงานช่องหนึ่งจะทำการคำนวณหาเวลาในขณะที่อีกช่องหนึ่งพยายามจับคลื่นวิทยุจากดาวเทียมดวง

เอกสารนี้ขออนุญาตให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ต่อไป เมื่อช่องแรกวัดเสร็จก็สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณดาวเทียมดวงใหม่ได้ทันที โดยไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหาและรับสัญญาณดาวเทียมอย่างเครื่องรับสัญญาณประเภทช่องเดียว

ขั้นที่ 4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียมก่อน

ขั้นที่ 4 นอกจากระยะทางแล้วจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ในอวกาศด้วย

การคำนวณที่กล่าวมาทั้งหมดจะทำได้ต่อเมื่อเรารู้ตำแหน่งของดาวเทียมแล้วเท่านั้น จึงจะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมขึ้นมาคำนวณตามหลักตรีโกณได้ ทีนี้ปัญหาก็คือ เราจะรู้ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่สูงถึง 11,000 ไมล์ ได้อย่างไร? จริงๆ แล้วเป็นเรื่องที่ง่ายมาก เนื่องจากวัตถุที่อยู่ที่ระดับความสูงผ่านพ้นจากชั้นบรรยากาศของโลกระดับนี้จะไม่มีคลื่นจากโลกไปรบกวนได้ ซึ่งหมายความว่าวงโคจรดาวเทียมรอบโลกสามารถแสดงได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์ธรรมดา เหมือนกับดวงจันทร์ที่หมุนรอบโลกเป็นเวลาล้านๆ ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดาวเทียม GPS ที่ถูกปล่อยขึ้นโดยกองทัพอากาศสหรัฐจะเดินตามแนววงโคจรที่กำหนดไว้แน่นอน และเนื่องจากในอวกาศว่างเปล่าไม่มีแรงเสียดทาน ดาวเทียมก็จะโคจรอยู่ในแนวที่แน่นอนตามกำหนด เมื่อวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว เครื่องรับ GPS ก็สามารถบันทึกตารางดาวเทียม (Almanac) ไว้ในหน่วยความจำได้ ตารางดาวเทียมนี้จะบอกได้ว่าบนท้องฟ้าจะมีดาวเทียมดวงไหนขึ้นลงเวลาใดบ้าง

แม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่ตามตัวเลขสมการวงโคจรที่ถูกต้องของมันเองอยู่แล้ว แต่เพื่อให้ทุกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ กระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ จึงต้องทำการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอ การที่ต้องติดตามการโคจรของดาวเทียมนี้เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้องสร้างดาวเทียม GPS ให้เดินทางเร็วกว่าการหมุนของโลก ดาวเทียมหมุนรอบโลกครบหนึ่งรอบทุกๆ 12 ชั่วโมง และจะโคจรผ่านสถานีติดตามดาวเทียมของ DoD (Department of Defense) วันละ 2 ครั้ง ทำให้สถานีติดตามนี้สามารถวัดความสูง ตำแหน่ง และความเร็วของดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง โดยสถานีจะติดตามค้นหาความแปรเปลี่ยนของวงโคจร เรียกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของอีฟิเมอริส (Ephemeris Error) ซึ่งปกติจะมีขนาดน้อยมาก เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อดาวเทียม

เมื่อ DoD วัดค่าตำแหน่งของดาวเทียมได้ ค่าตำแหน่งใหม่นี้ก็จะถูกส่งกลับเข้าไปบันทึกไว้ในดาวเทียมดวงนั้น ดาวเทียมก็จะส่งค่าแก้นี้พร้อมกับข้อมูลอื่นๆ ให้เครื่องรับ ดาวเทียม GPS ไม่เพียงแต่ส่งรหัส Pseudo Random เพื่อใช้ในการหาเวลาเท่านั้น แต่ยังส่งข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของวงโคจรและค่าความสมบูรณ์ของระบบด้วย เครื่องรับสัญญาณ GPS ใช้ข้อมูลนี้ควบคู่กับตารางดาวเทียมที่ติดตั้งไว้ในตัวเครื่องในการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม

ขั้นที่ 5 ความคลาดเคลื่อนของการคำนวณพิกัดตำแหน่งที่อาจเกิดขึ้นจากการรับสัญญาณ

เราทราบแล้วว่าทุกส่วนในระบบ GPS ถูกสร้างและจัดทำขึ้นเพื่อให้ได้ความถูกต้องและแม่นยำสูงสุด เช่น ใช้นาฬิกาอะตอมในดาวเทียม การวัดระยะห่างจากดาวเทียมเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งดวงเพื่อใช้ขจัดความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาในเครื่องรับ และการส่งข้อมูลรายงานค่าปรับแก้วงโคจรทุกนาทีจากดาวเทียม แต่ความแม่นยำของการคำนวณพิกัดตำแหน่งในเครื่องรับสัญญาณ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย ทั้งที่ผู้ใช้สามารถควบคุมได้และที่ไม่สามารถควบคุมได้ ในที่นี้จะขอนำเสนอปัจจัยหลักๆ ที่มีผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการคำนวณพิกัดตำแหน่ง ดังนี้

1.ตำแหน่งของดาวเทียมที่ใช้รับสัญญาณ กล่าวคือ ถ้ากลุ่มดาวเทียมอยู่ห่างกันย่อมให้ค่าที่แม่นยำมากกว่ากลุ่มที่อยู่ใกล้กัน และถ้ายิ่งมีจำนวนดาวเทียมที่ใช้รับสัญญาณได้มากก็ยิ่งมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.นอกจากตำแหน่ง และการวางตัวของดาวเทียมนอกชั้นบรรยากาศโลกแล้ว ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศก็ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อความถูกต้องแม่นยำ ของเครื่องรับสัญญาณ GPS เนื่องจากชั้นบรรยากาศประกอบด้วยประจุไฟฟ้า ความชื้น อุณหภูมิ และความหนาแน่น ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เมื่อคลื่นตกกระทบอนุภาคเหล่านี้ จะเกิดการหักเหและทำให้สัญญาณที่ได้อ่อนลง

3.สัญญาณส่วนที่สามารถเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังผิวโลกได้ ยังอาจถูกหักเหโดยปัจจัยสภาพแวดล้อมในบริเวณรับสัญญาณ ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนจากการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง (Multipath Error) อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมรอบๆบริเวณใช้งาน ค่าความผิดพลาดแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องรับได้รับสัญญาณทั้งจากดาวเทียมโดยตรงและสัญญาณที่สะท้อนจากสัญญาณดังกล่าว ซึ่งสะท้อนจากสิ่งที่อยู่รอบบริเวณรับสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็น ตึก ภูเขา หรือต้นไม้ สัญญาณส่วนนี้ไม่ได้เป็นสัญญาณจากดาวเทียม และมีผลต่อการรับเหมือนกับที่เกิดกับการรับสัญญาณทีวีเช่นเดียวกัน คือ ทำให้เกิดภาพพร่าซ้อนให้เห็นบนจอ สิ่งเหล่านี้มีผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณพิกัดตำแหน่งทั้งสิ้น เนื่องจากถ้าสัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเหก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้จากเครื่องรับสัญญาณเพี้ยนไป ค่าความผิดพลาดแบบนี้สามารถลดได้โดยการทำ Position Fix Averaging เครื่องรับสัญญาณ GPS รุ่นใหม่ ใช้วิธีการประมวลผล ที่ดีขึ้น และมีการใช้เสาอากาศที่ป้องกันสัญญาณซ้อนได้ แต่ในบางครั้งถ้าสัญญาณสะท้อนมีความรุนแรงมากก็ยังอาจมีผลต่อการวัดพิกัดตำแหน่งได้เหมือนกัน นอกจากนี้ ในบางครั้งเมื่อถูกรบกวนด้วยคลื่นวิทยุอาจทำให้รหัส Pseudo Random มีลักษณะผิดเพี้ยนทำให้โปรแกรมการคำนวณทำงานไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนนั้นอาจจะมีขนาดเล็กมากหรือขนาดใหญ่มากก็ได้ ค่าที่ใหญ่จะสามารถรู้ได้ง่ายกว่าเนื่องจากเห็นได้ชัดเจน แต่ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้นั้นมีขนาดเล็กจะเป็นการยากที่จะหาได้พบ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้มีผลทำให้การบอกตำแหน่งผิดไปประมาณ 0.5 - 1 เมตร

4.อีกสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่กำจัดได้ยาก ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นของอนุภาคประจุไฟฟ้า อยู่สูงจากโลกระหว่าง 80 - 120 ไมล์ อนุภาคเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของแสงและความเร็วของสัญญาณวิทยุจากดาวเทียม GPS เช่นกัน บางคนอาจคิดว่าความเร็วของแสงเป็นค่าคงที่อยู่ตลอดเวลานั้น แต่ความเป็นจริงคลื่นแสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่เมื่ออยู่ในสุญญากาศเท่านั้น ซึ่งจะเป็นสภาพที่อยู่ในอวกาศที่สูงจากผิวโลกมากๆ แต่เมื่อคลื่นแสงหรือคลื่นวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น เช่น ชั้นบรรยากาศที่มีอนุภาคประจุไฟฟ้าซึ่งมีความหนาหลายไมล์ย่อมทำให้ความเร็วลดลงบ้าง และการที่คลื่นวิทยุเดินทางช้าลงนี้จะมีผลทำให้คำนวณระยะทางได้ไม่ถูกต้อง

วิธีการที่ใช้ลดความคลาดเคลื่อนจากการที่สัญญาณเดินทางช้ามีอยู่ด้วยกันสองวิธี วิธีที่หนึ่งเราต้องรู้ค่าความแปรเปลี่ยนเฉลี่ยรายวันตามสภาพบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ จึงสามารถนำมาปรับแก้กับทุกค่าที่วัดได้ช่วยให้ได้ความถูกต้องสูงขึ้น แต่ในความจริงแล้วสภาพอากาศจะไม่คงที่ตลอดเวลา ดังนั้นการนำค่าเฉลี่ยมาใช้จึงไม่ถูกต้องทั้งหมด อีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการลดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลาดเคลื่อนทำโดยการวัดหาค่าความแปรความเร็วของคลื่นวิทยุ ได้โดยการวัดความเร็วสัมพัทธ์ของสัญญาณสองแบบ ที่ส่งมาจากดาวเทียมพร้อมๆ กัน แนวคิดพื้นฐานของวิธีนี้คือ เมื่อแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์จะเดินทางช้าลงเป็นอัตราส่วนกลับกับความถี่ของสัญญาณยกกำลังสอง ถ้าความถี่ยิ่งต่ำ การเดินทางจะยิ่งช้าลง เมื่อทำการเปรียบเทียบเวลาที่สัญญาณความถี่ต่างกันเดินทางถึงเครื่องรับก็จะได้ค่าของเวลาที่คลื่นเดินทางช้าลงไป วิธีการนี้มักใช้กับเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง หรือที่เรียกว่า เครื่องรับสัญญาณความถี่คู่ (Dual Frequency) เครื่องแบบนี้จะขจัดค่าความคลาดเคลื่อนจากไอโอโนสเฟียร์ได้มาก

5.ค่าความผิดพลาดที่แก้ไขได้อีกแบบหนึ่งคือ ผลของ Selective Availability (SA) ซึ่ง SA เป็นมาตรการที่กระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ใช้ในการทำให้ค่าความแม่นยำของเครื่องรับสัญญาณ GPS ลดต่ำลง หรือเกิดความผิดพลาดสูงขึ้น โดยการใส่ค่าความผิดพลาดเข้าไปในสัญญาณ GPS ที่ส่งออกจากดาวเทียม ซึ่งเป็นมาตรการที่ทำเพื่อผลประโยชน์ทางทหารสำหรับสหรัฐอเมริกาและกองกาลังพันธมิตร ค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่กล่าวนี้มีความเหมือนกันอยู่อย่างหนึ่งคือ ปริมาณและทิศทางของค่าความผิดพลาด ในเวลาใดเวลาหนึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน ดังนั้นเครื่องรับ GPS 2 เครื่องที่อยู่ในระยะห่างกันไม่มากนัก จะได้รับผลกระทบจากค่าความผิดพลาดในปริมาณและทิศทางที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ดังนั้นเราจึงสามารถทำการหาค่าความผิดพลาดดังกล่าวได้

6.อีกปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งก็คือ ประสิทธิภาพของตัวเครื่อง รับสัญญาณเองว่ามีความไวในการรับสัญญาณและความเร็วในการประมวญผลมากน้อยเพียงใด ปัญหาในส่วนนี้ได้รับการแก้ไขจากบริษัทผู้ผลิตอย่างต่อเนื่อง สาเหตุของการเกิดการคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นผลทำให้การระบุพิกัดตำแหน่ง หรือการวัดระยะทางของเครื่องรับสัญญาณ GPS มีความไม่แน่นอน ซึ่งหมายความว่า แทนที่จะกล่าวได้ว่าของชิ้นหนึ่งอยู่ห่างไป 10 เมตร พอดี กลับต้องกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 เมตร บวกหรือลบเศษหนึ่งส่วนสิบเซนติเมตร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดเมื่อรวมกันแล้วก็ยังไม่มากนัก ความถูกต้องจะมีค่าสูงยิ่งขึ้นถ้าเครื่องรับสัญญาณมีคุณภาพดี เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุดเครื่องรับสัญญาณที่ดีจะใช้หลักการของวิชาเรขาคณิต ซึ่งเรียกว่า Geometric Dilution of Precision (GdoP) GdoP เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความถูกต้องของพิกัดตำแหน่งที่เครื่องรับสัญญาณ GPS คำนวณได้ โดยค่าพิกัดตำแหน่งที่คำนวณ ได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง ประกอบกับลักษณะการเรียงตัวของดาวเทียมรูปเรขาคณิตหรือขนาดของมุมระหว่างดาวเทียมแต่ละดวงภายในกลุ่ม ปัจจัยเหล่านี้มีส่วนทำให้ความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดตำแหน่งเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ เปรียบเทียบเหมือนกับ การเล่นสนุกเกอร์ที่ต้องเลือกลูกที่มีมุมแทงลูกให้ลงหลุมได้ง่าย บางลูกอยู่ในมุมที่ดีแทงได้เต็มลูก ในขณะที่บางลูกต้องแทงบางมากจึงอาจเกิดการผิดพลาดได้ ดังนั้นในเครื่องรับสัญญาณ GPS จึงมีโปรแกรมวิเคราะห์ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่บนท้องฟ้า เครื่องรับประเภทละเอียดจะเลือกคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งโดยการรับสัญญาณจากชุดดาวเทียม 4 ดวง ที่มีค่า GdoP ดีที่สุด วิธีนี้จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจาก GdoP เหลือน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)

ท่านอาจมีข้อสงสัยว่าทำไมต้องใช้รหัส Pseudo Random ทำไมไม่รับสัญญาณวิทยุธรรมดา เช่น ดาวเทียม TV เป็นความจริงที่แนวคิดการสร้างรหัส Pseudo Random

เป็นเรื่องปกปิดรู้เฉพาะไม่กี่คน แต่ระบบนี้ก็ช่วยให้ระบบ GPS ทำงานได้ผลและราคาไม่แพง ซึ่งต่อไปท่านพูดได้ว่า โดยการใช้รหัส Pseudo Random จะทำให้ GPS กลายเป็นเครื่องใช้ทั่วไปที่ทุกคนใช้ได้ ก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึงการทำงานโดยการใช้รหัส Pseudo Random มาแล้ว เครื่อง GPS สามารถหาเวลาที่ต่างกันระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมได้อย่างไร แต่นั่นเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น

เหตุผลที่สร้าง Pseudo Random code ก็คือการประหยัด จะเปรียบเทียบให้เห็นชัดต้องดูจากดาวเทียมทีวี ซึ่งกระจายเสียงด้วยสัญญาณกำลังแรงดีมาก แต่ส่วนเครื่องรับบนโลกยังต้องใช้จานรับดาวเทียมทรงโค้งกลมขนาดใหญ่ ลองนึกดูถ้า GPS ต้องใช้จานรับแบบเดียวกันจะต้องมีความเทอะทะขนาดไหน และยิ่งกว่านั้นดาวเทียมทีวีหยุดนิ่งบนท้องฟ้า แต่ดาวเทียม GPS โคจร ซึ่งต้องรับโดยหมุนไปหาตำแหน่งดาวเทียมทั้ง 4 ดวง จะต้องเป็นที่ยุ่งยากมากขึ้นการใช้ Pseudo Random ช่วยให้ลดความจำเป็นอื่นทั้งหมดในการส่งข้อมูล ดังนั้นการส่งสัญญาณ GPS จึงกินกำลังไฟน้อย และสัญญาณ GPS อ่อนมากที่ไม่รับเอาสัญญาณวิทยุรบกวนอื่น สัญญาณวิทยุรบกวนอื่นเกิดขึ้นเป็นคลื่นไม่เป็นรูปแบบ รหัส Pseudo Random ดูก็คล้ายคลื่นวิทยุรบกวนนี้มาก แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ เรารู้รูปร่างของคลื่นแล้ว

ถ้าหากว่านำเอาคลื่น Pseudo Random ไปเปรียบเข้ากับคลื่นวิทยุรบกวน การเปรียบเทียบจะแบ่งคลื่นออกเป็นช่วงเวลา ตามรูปให้ส่วนที่เหมือนกันเป็น "X"
จะเห็นตามตัวอย่างจากที่คลื่นไม่มีรูปแบบแบบสุ่มโอกาสที่เกิดขึ้นได้เหมือนกันประมาณครึ่งหนึ่ง
ถ้าเราให้ค่าคลื่นที่เหมือนกันเป็น 1 และที่ไม่เหมือนกันเป็น -1 จะพบว่าหลังจากเปรียบเทียบนาน ๆ จะได้ค่าสุดท้ายเป็น 0

แต่ถ้า GPS เริ่มส่งสัญญาณเข้าเครื่องรับที่มีรูปแบบเหมือนกับ Pseudo Random สัญญาณนี้ถึงแม้จะอ่อน จะถูกทำให้แรงขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกันได้และถ้าเราเลื่อนรหัสที่ส่งจากดาวเทียม เราก็จะได้คลื่นที่เข้ากันได้มากขึ้นและคะแนนก็จะมากขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งเปรียบเทียบนานตัวเลขจะเพิ่มมากขึ้นและจากที่ผลการเปรียบเทียบให้ผลตรงกันข้ามคลื่นวิทยุรบกวนซึ่งจะมีค่าเกือบศูนย์ ช่วงเวลานี้จะส่งกำลังขยายให้แก่สัญญาณดาวเทียมมากขึ้นเป็นพันเท่า
รหัส Pseudo Random ช่วยให้เราจับสัญญาณที่อ่อนมากได้ ซึ่งหมายถึงในเครื่อง GPS ไม่ต้องใช้ไฟมาก และมีวิธีการเพิ่มความแรงสัญญาณ เครื่องรับจึงใช้เสาอากาศขนาดเล็กได้

ทำไมดาวเทียมอื่นไม่ใช้วิธีการนี้ ดาวเทียมทั่วไปต้องมีจานรับขนาดใหญ่มากติดตามบ้านที่เห็นทั่วไป ทั้งนี้เพราะสัญญาณ GPS มีข้อมูลน้อย ต้องการเพียงให้หาเวลาได้เท่านั้น ตรงกันข้ามกับสัญญาณทีวีที่ข้อมูลมาก หรือถ้าพูดเชิงวิชาการก็ต้องว่าเป็นสัญญาณที่มีแถบกว้างสูงมาก หลักการของ Pseudo Random Code มีการทำงานในการเปรียบเทียบสัญญาณเหมือนกันหลาย ๆ รอบ การเปรียบเทียบนี้จะทำให้ช้าเมื่อเทียบกับแบบที่ต้องใช้สัญญาณทีวี ดังนั้นวิธีการ GPS จึงนำมาใช้กับดาวเทียม TV ไม่ได้

ยังมีเหตุผลอื่นอีกสองข้อของการใช้รหัส Pseudo Random ข้อหนึ่งคือในเวลาสงคราม DoD สามารถควบคุมไม่ให้ศัตรูใช้ระบบนี้ได้ ถึงแม้เวลาปกติ DoD ยังคงเป็นผู้พิเศษในการควบคุมระบบอยู่ดี รหัส Pseudo Random มี 2 แบบ คือ C/A code และ P-code ดังนั้น บางคนจึงคิดว่า C/A code นี่ถูกต้องน้อยกว่า P-code รหัส P-code เก็บไว้ใช้เฉพาะทางราชการทหาร และ P-code นี้จะไม่เกิดการติดขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DoD ยังสามารถลดความถูกต้องของ C/A code ได้ การทำโดยมาตรการ Selective Availibility หรือ S/A วิธี S/A ที่สำคัญก็คือการทำให้นาฬิกาดาวเทียมบอกเวลาคลาดเคลื่อน ถ้าใครนำเวลานี้ไปใช้ก็จะได้ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนมาก

ประโยชน์อีกข้อของ Pseudo Random คือ ดาวเทียมทุกดวงสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ โดยไม่เกิดการรบกวนต่อกัน ดาวเทียมแต่ละดวงจะมี Pseudo Random code เป็นของเฉพาะตัว ดังนั้นเวลาเครื่องรับนำรหัสมาใช้ต้องให้ถูกตามหมายเลขดาวเทียมนั้นด้วย

การวัดด้วยวิธีอนุพันธ์ (Differential) คือ สุดยอดของความถูกต้อง

GPS เป็นเครื่องมือทำหน้าที่แสดงพิกัดบนโลกเราที่ถูกต้องที่สุดที่เคยมีมา แต่ยังมีวิธีการทำให้ถูกต้องได้ยิ่งขึ้นอีกโดยการใช้วิธีที่เรียกว่า "Differential GPS" แบบนี้จะทำให้ได้ความถูกต้องที่ดีกว่าหนึ่งเมตร และเป็นการนำเครื่อง GPS ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกด้วย GPS สำหรับการสำรวจรังวัด ช่างสำรวจได้ใช้ GPS มาเป็นเวลาหลายปีแล้วสำหรับการคำนวณหาตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นเซนติเมตร วิธีการนี้เป็นส่วนที่ใช้วิธี Differential การวัดให้ความ ถูกต้องละเอียดมากนี้จะต้องตั้งเครื่องเก็บข้อมูล GPS ที่สถานีเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที จะต้องรู้ค่าจุดอ้างอิงหรือ Reference Point และใช้ซอฟแวร์คำนวณงาน การใช้ GPS ทำงานสะดวกและประหยัดช่างสำรวจคนเดียวสามารถทำงานที่ต้องใช้คนหลาย ๆ คน ได้ในเวลาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการรังวัดแบบเดิม ไม่ต้องปีนเขาสูงที่เป็นที่ตั้งของหมุดในโครงข่ายสามเหลี่ยมเพื่อการส่องกล้องเล็งแนวให้ได้ระยะห่างไกล ๆ อีกต่อไป วิธีการรังวัดด้วย GPS แบบใหม่ ที่เรียกว่า Kinematics ซึ่งอยู่ในระหว่างการพัฒนา จะทำให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติมากขึ้น ช่างสำรวจต้องทำเพียงเดินไปยังจุดที่ต้องการวัด แล้วกดปุ่มเท่านั้น เครื่อง GPS ก็จะบันทึกตำแหน่งที่วัดที่แน่นอนได้ เคล็ดลับของการที่ให้ความถูกต้องสูงนี้มีพื้นฐานมาจากแนวคิดที่เราวางเครื่อง GPS เครื่องหนึ่งไว้ที่จุดที่รู้ตำแหน่งบนโลกแล้ว (Reference Point) เราสามารถที่จะหาค่าความคลาดเคลื่อนของค่าตำแหน่งที่ได้จากดาวเทียมได้แน่นอน ดังนั้นที่จุดนี้ GPS ทำหน้าที่เหมือนจุดอ้างอิง และสามารถใช้ค่าปรับแก้เดียวกันนี้กับเครื่อง GPS ตัวอื่นที่อยู่บริเวณเดียวกันได้และสามารถนำไปใช้เป็นค่าแก้สำหรับการคำนวณตำแหน่งใช้เช่นเดียวกัน แนวคิดนี้ใช้การได้เพราะดาวเทียมอยู่สูงมากที่ค่าความคลาดเคลื่อนที่รับได้ในเครื่องรับเครื่องหนึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนในเครื่องอื่นที่อยู่บริเวณเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณของดาวเทียมเป็นสัญญาณที่ธรรมดา ค่าตัวคงที่ตัวเดียวก็จะมีผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดสาเหตุอื่นไม่ว่าเกิดจากนาฬิกาเครื่องรับ นาฬิกาดาวเทียม ตำแหน่งดาวเทียมหรือการที่สัญญาณเดินทางเข้าไปในชั้นบรรยากาศ

รายงานผลคลาดเคลื่อนของเครื่องที่จุดอ้างอิงถูกส่งไปยังเครื่องรับอื่นได้ 2 รูปแบบ คือ วิธีการหนึ่งก็คือการส่งด้วยวิธีผ่านวิทยุหรือระบบสื่อสารไปที่เครื่องรับ แล้วให้คอมพิวเตอร์ประมวลตามความคลาดเคลื่อนที่จุดอ้างอิง เครื่องนั้นก็จะคำนวณหาตำแหน่งที่ถูกต้องได้

อีกวิธีหนึ่งโดยการเปลี่ยนเครื่องที่จุดอ้างอิงให้เป็นเหมือนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณออกได้แบบเดียวกับดาวเทียมโดยการใช้ Pseudo Random Code แต่จะมีข้อมูลค่าแก้ในข่าวสารด้วย เครื่องรับที่จุดอื่นก็จะรับคลื่นจากดาวเทียมนี้ด้วยช่องรับสัญญาณที่ว่างอยู่ และนำไปแก้โดยวิธีเดียวกับที่ใช้แก้ค่าของอีฟิเมอริสที่รับได้จากดาวเทียมจริง ระบบนี้จะไม่มีข้อเสียในเรื่องสัญญาณรบกวน ซึ่งมีสภาวการณ์เช่นเดียวกับที่การรับสัญญาณจากดาวเทียมจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS

เครื่องรับแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องประเภทที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันทีเดียว กับเครื่องที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับ และแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีกคือ

2.1.6.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม ปกติเครื่องรับ GPS จะต้องมีข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่ได้ เครื่องรับที่ใช้เรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียว รับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยนไปยังอีกดวงหนึ่ง เครื่องประเภทนี้จะมีแผงวงจรเล็ก ดังนั้นจึงมีราคาถูกกว่าและใช้กำลังน้อยกว่า ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดขาดตอนและทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้ ในกลุ่มนี้จะมี "Starved Power" Single-Channel Receivers, Two Chanel Receivers, และเครื่องแบบเก่า Fast-Multiplexing Single Receivers

2.1.6.1.1 Starved-Power Single Receivers เครื่องแบบนี้ออกแบบให้พกพาได้และสามารถ ทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองครั้งใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว เช่น นักไต่เขาหรือแล่นเรือในเวลากลางวัน โดยไม่ต้องมีถ่านไฟฉายหลายก้อน นับว่าเป็นเครื่องที่ใช้การได้ สามารถให้ความถูกต้องที่ดีกว่าระบบ LORAN และทำงานได้ทุกที่บนโลก ข้อเสีย คือ ความถูกต้องของ GPS ไม่ดี และต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้ และไม่ สามารถใช้วัดหาความเร็วได้ การที่หาความเร็วไม่ได้ เนื่องจากต้องปิดเครื่องเองในระหว่างการวัด เพราะว่าเครื่องใช้แผงวงจรนาฬิกาที่กินไฟน้อย (นาฬิกาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา) นาฬิกาที่ใช้จึงไม่ให้ความถูกต้องเท่าที่ควร

2.1.6.1.2 Single Channel Receivers เหมือนกับแบบค่าข้างบน เป็นเครื่องรับสัญญาณห้องเดียวใช้ทำงานหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนคือเครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐานไม่จำกัดที่กำลังไฟ ดังนั้นจึงทำการรับต่อเนื่องได้ มีผลทำให้ความถูกต้องสูงกว่าและใช้วัดหาความเร็วได้ จากที่มีเพียงช่องเดียวที่ต้องใช้ทั้งการรับข้อมูลดาวเทียมและคำนวณหาระยะ จึงไม่สามารถหาตำแหน่งต่อเนื่องได้ ยิ่งกว่านั้นตามเหตุผลของวิชาการ ความไม่เที่ยงตรงของนาฬิกามีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวัดหาความเร็ว เครื่องราคาถูกบางชนิดใช้นาฬิการาคาถูกเพื่อให้ราคาเครื่องลดลง จึงทำให้ค่าความเร็วที่แสดงมาเชื่อถือไม่ได้

2.1.6.1.3 Fast-Multiplexing Single Receivers เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องทั้งสองประเภทข้างบนซึ่งรับช้า แต่เครื่องรับนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วกว่ามาก ข้อดี คือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงจึงมีผลต่อเครื่องประเภทนี้น้อย เครื่องแบบนี้ต้องการใช้แผงวงจรที่ค่อนข้างซับซ้อนและราคาพอ ๆ กับเครื่องแบบสองช่องรับสัญญาณที่ใช้เครื่องซึ่งให้ความถูกต้องสูงกว่าและมีลักษณะการยืดหยุ่นการใช้งานได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.1.4 Two-Channel Sequencing Receivers การเพิ่มช่องรับสัญญาณขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ข้อหนึ่งความแรงสัญญาณ Signal-to-Noise เป็นสองเท่าทันที หมายถึงสามารถจับสัญญาณภายใต้สภาวะที่ไม่ดีได้และ

สามารถรับดาวเทียมดวงที่อยู่ระดับต่ำใกล้เส้นขอบฟ้าได้ จากการที่ช่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้ในขณะที่อีกช่องหนึ่งค้นหาดาวเทียมดวงต่อไป เครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ต้องมีการขาดตอน และความเร็วก็จะมีค่าที่ถูกต้องขึ้น ความจริงเครื่องรับสองช่องที่มีคุณภาพดีก็สามารถใช้คำนวณหาและตัดค่าที่เวลาของนาฬิกาเครื่องรับไม่ดีทิ้งเพื่อใช้ในการวัดหาความเร็ว ข้อเสียของเครื่องแบบสองช่องคือ มีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า ในเครื่องรับรุ่นใหม่บ้างก็มักใช้แบบ IC ที่สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณที่สองในราคาที่ไม่ต่างกับราคานาฬิกาดี ๆ หนึ่งเรือน แต่กระนั้นเครื่องแบบสองช่องยังมีราคาแพงกว่าเครื่องแบบช่องเดียวมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้ใช้สองช่องมักต้องการความถูกต้อง และต้องการเครื่องที่แข็งแรงและสามารถควบคุมสังเกตการณ์แสดงผลที่ดีกว่า

2.1.6.2 Continuous Receivers ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดและทางด้านวิทยุ ซึ่งจะพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4,5,8 10 และ 12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้แล้ว เครื่องรับ GPS แบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหา GDoP ได้อีกด้วย คือ แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใดก็ได้ จะคำนวณหาค่า GDoP ดาวเทียม 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่ และทำการวัดจากดาวกลุ่มที่มีค่า GDoP ต่ำสุด เครื่องรับ 4 ช่องสัญญาณ สามารถให้ค่า Signal to Noise Ratio เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็นสี่เท่าของเครื่องรับแบบช่องเดียว และโดยการเปรียบเทียบค่าการรับของแต่ละช่อง เครื่องสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียมระหว่างช่องรับสัญญาณ ซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้น นอกเหนือจากข้อดี ข้อเสียที่กล่าวแล้ว ยังมีข้ออื่นมาพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัส Pseudo Random ที่กล่าวมาแล้ว และใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrier Frequency) ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูง ที่รหัส Pseudo Random ไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย และมีบางเครื่องที่ไม่ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลา โดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้ใช้ตัวเองใส่ค่าเริ่มตำแหน่งได้โดยตัวมันเอง ข้อที่ควรพิจารณา คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (PC) ได้ และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณา ความแข็งแรงทนทานถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาดจะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่องเพิ่มทุก 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับรุ่นใหม่ปัจจุบันได้เพิ่มคุณค่าให้แก่เครื่องรับ GPS อีกหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อนแสดงผลด้วยจอภาพรายละเอียด เครื่องรับ GPS อาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นทันที

2.1.7 หลักการทำงาน GPS

หลักการของเครื่อง GPS คือ การคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับอุปกรณ์รับ GPS โดยจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ประกอบกับได้ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นไปแล้ว อุปกรณ์ GPS ก็จะสามารถคำนวณหาจุดตัดกันของผิวทรงกลม ของระยะทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงได้

ดังนั้น ในทางทฤษฎี สิ่งที่อุปกรณ์ GPS จำเป็นต้องทราบในการคำนวณหาตำแหน่งแต่ละครั้ง คือ

1. ตำแหน่ง ดาวเทียม GPS ในอวกาศ อย่างน้อย 3ดวง
2. ระยะห่างจาก ดาวเทียม GPS แต่ละดวง

โดยการจะได้มาซึ่งข้อมูลทั้ง 2 แบบ ในทางปฏิบัติ คือ

1. การได้มาซึ่ง ตำแหน่งดาวเทียม GPS ในอวกาศ จะต้องได้มีข้อมูลประกอบ 2 ตัว คือ

a. ข้อมูลวงโคจร : จะทำให้อุปกรณ์ GPS ทราบว่า เส้นทางการเดินทางของดาวเทียม GPS ทราบว่า เส้นทางการเดินทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงอยู่ ณ ตำแหน่งใด เมื่อไร

b. เวลาปัจจุบัน : ซึ่งเมื่ออุปกรณ์ GPS ทราบเวลาปัจจุบันแล้ว ก็จะใช้เวลาปัจจุบันไปคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม GPS จากข้อมูลวงโคจรได้ ดังนั้น เมื่ออุปกรณ์รับ GPS ทราบข้อมูลวงโคจรดาวเทียม GPS และเวลาปัจจุบัน อุปกรณ์รับ GPS ก็จะทราบตำแหน่งดาวเทียมในอวกาศได้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมด จะได้มาจากสัญญาณดาวเทียมที่อุปกรณ์รับ GPS ตัวนั้นรับได้

2. การได้มาซึ่งระยะห่างของอุปกรณ์รับ GSP กับดาวเทียม GPS แต่ละดวง

เนื่องจากการเดินทางของคลื่นสัญญาณGPSนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่(vคงที่) คือความเร็วแสง(186,000ไมล์ต่อวินาที) ซึ่งเมื่อเป็นดังนั้นถ้าอุปกรณ์รับGPSรู้ระยะเวลา(t)ที่สัญญาณใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมGPSมายังอุปกรณ์รับGPSก็จะสามารถคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมGPSกับอุปกรณ์GPSได้จากสูตร

ความเร็วxเวลา=ระยะทาง

ซึ่งเมื่อเราทราบระยะของดาวเทียมกับอุปกรณ์GPSมากเท่าไรเราก็จะหาจุดของผิวทรงกลมทำให้อุปกรณ์GPSสามารถทราบว่าตัวเองอยู่นะจุดใดบนพื้นโลกได้

2.1.8 การหาตำแหน่งในระบบ GPS

เมื่อทราบระยะทางและตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ในอวกาศ การบอกตำแหน่งของดาวเทียม GPS สามารถทำให้ได้โดยเข้าใจการทำงานของระบบ GPS กล่าวคือ รับสัญญาณจากดาวเทียมโดยหลักการรูปสามเหลี่ยมระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ ระบบ GPS จะทำการวัดระยะโดยใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ ซึ่งทั้งในดาวเทียมและเครื่องรับมีนาฬิกาที่ละเอียดสูงมาก

ระบบ GPS ใช้ดาวเทียม GPS อย่างน้อย 4 ดวง โดยดาวเทียม 3 ดวงจะเป็นตัววัดระยะทางและตัวที่เหลือจะเป็นตัวสำรอง ดาวเทียม 3 ดวงจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียม ได้เป็นระยะ R1 , R2 , R3 ดังแสดงในรูปที่ 15.4 ทำการคำนวณโดยสมมติให้ระยะ R แต่ละตัวเป็นรัศมีของทรงกลมขนาดใหญ่ซึ่งมีดาวเทียม GPS อยู่ที่กึ่งกลางของทรงกลม หาจุดตัดของทรงกลมเหล่านี้ ผลที่ได้ก็คือ ตำแหน่งของเครื่องรับ GPS การหาจุดตัดของระนาบ 3 ระนาบนี้จะได้ผลลัพธ์เป็นจุดตัด 2 จุด กล่าวคือ จุดหนึ่งอยู่บนพื้นโลก และอีกจุดหนึ่งอยู่ในอวกาศ จะเลือกใช้จุดที่อยู่บนพื้นโลกเท่านั้น เมื่อได้ตำแหน่งก็สามารถใช้ความรู้เรื่องเวลาการประวิงและความเร็วของการเดินทางของคลื่นมาคำนวณหาระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับที่ดีจะใช้หลักการของวิชาเรขาคณิต Geometric Dilution of Precision หรือ GDOP หลักการนี้ช่วยให้ความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับ GPS ค่าตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง ลักษณะการประกอบรวมกลุ่มของดาวเทียม การเลือกตำแหน่งของดาวเทียมมีส่วนทำให้ความคลาดเคลื่อนเพิ่มหรือน้อยลงได้ GDOP จะได้มาจากมุมระหว่างดาวเทียม การเลือกตำแหน่งจะวัดจากกลุ่มดาวเทียมที่มุมระหว่างดาวเทียมมีขนาดใหญ่ ด้วยเหตุนี้ในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมให้วิเคราะห์ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่บนท้องฟ้า และเลือกวัดจากชุดดาวเทียม 4 ดวง ที่มีค่า GDOP ดีที่สุด

การคำนวณหาตำแหน่งของจุดบนพื้นโลก ทำได้โดย
กำหนดให้แกน 3 มิติของตำแหน่งที่ต้องการทราบเป็น X,Y,Z
แกน 3 มิติของดาวเทียมดวงที่ 1 เป็น X1,Y1,Z1
แกน 3 มิติของดาวเทียมดวงที่ 2 เป็น X2,Y2,Z2
แกน 3 มิติของดาวเทียมดวงที่ 3 เป็น X3,Y3,Z3
แกน 3 มิติของดาวเทียมดวงที่ 4 เป็น X4,Y4,Z4

กำหนดให้ความผิดพลาดของเวลาบนดาวเทียมกับเวลาบนพื้นโลก เป็น t0
เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 2 เดินทางเป็น t2
เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 4 เดินทางเป็น t4
เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 1 เดินทางเป็น t1
เวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 เดินทางเป็น t3

ถ้าให้ความเร็วของคลื่นสัญญาณเป็น C หรือ 3*108 m/s จะได้สมการ 4 สมการที่แสดงระยะทางระหว่างดาวเทียมทั้ง 4 กับจุดที่ต้องการทราบตำแหน่ง คือ
(X-X1)2 + (Y-Y1)2 +(Z-Z1)2 (C *(t1-t0))2
(X-X2)2 + (Y-Y2)2 +(Z-Z2)2 (C *(t2-t0))2
(X-X3)2 + (Y-Y3)2 +(Z-Z3)2 (C *(t3-t0))2
(X-X4)2 + (Y-Y4)2 +(Z-Z4)2 (C *(t4-t0))2

โดยที่ค่า (X1, Y1, Z1) , (X2, Y2, Z2) , (X3, Y3, Z3) , (X4, Y4, Z4) เป็นค่าที่ถูกส่งลงมาจากดาวเทียมและค่า t1 , t2 , t3 , t4 สามารถหาได้จากรหัสที่ส่งลงมาจากดาวเทียมกับรหัสที่ถูกสร้างขึ้นในเครื่องรับ จะทำให้สามารถคำนวณค่าตัวแปร X , Y , Z และ t0 ได้

2.1.9 ความรูเกี่ยวกับมาตรฐาน NMEA (National Marine Electronic Associate)

NMEA-0183 เปนมาตรฐานที่ถูกพัฒนามาจากความตองการที่จะใชขอมูลโดยตรงในการที่จะเชื่อมตอระหวางเครื่องมืออิเล็กทรอนิกสที่เกี่ยวกับทะเล อุปกรณการเดินเรือและอุปกรณที่ใชในการติดตอสื่อสาร มาตรฐานนี้ จะกำหนดความตองการสัญญาณทางไฟฟา Protocol ในการสงขอมูลและใชเวลาในการสงขอมูลแบบอนุกรมดวยความเร็ว 4800 บิตตอวินาที ขอมูลที่เก็บไวจะใชตัวอักษรรหัสแอสกี้ (ASCII Code) ซึ่งจะบอกใหทราบถึงตำแหนง ความสูงและอื่นๆ ซึ่ง ASCII แตละตัวจะมีขนาดขอมูล 8 บิต ในแตละขอมูลที่ถูกแปลงมาจะขึ้นตนดวย “$” ตามดวย “Talker ID” ตามดวย “Sentence ID” และขอมูลอื่นซึ่งขอมูลจะถูกคั่นดวย “,”(comma)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Talker ID คือ GP – GLOBAL Positioning System

Sentence ID จะประกอบด้วย Protocol ตางๆดงนี้

GGA จะบอกข้อมูลเกี่ยวกับตำแหนง

GSV จะบอกถึงขอมูลของดาวเทียมรวมทั้งความแรงของสัญญาณ

GLL จะบอกถึงขอมูลเดิมที่ถูกเก็บไว

GSA จะบอกวามีดาวเทียมกี่ดวงที่ใชในการคำนวณ

RMC จะรวมขอมูลของตำแหนงและความเร็ว

VTG จะบอกถึงคาของเสนทางความเร็ว

ZDA จะบอกคาวันและเวลา

ซึ่งในแตละ Protocol จะมีรูปแบบที่แตกตางกันออกไป ตัวอยางแสดง Protocol GGA

รูปแบบ $GPGGA,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx*hh

GGA = Global Positioning System Fix Data

2.2 Arduino Mega 2560 rev.3

ในต่างประเทศมหาวิทยาลัยด้านสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ได้ก่อตั้งโครงการพัฒนาฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในลักษณะโอเพ่นซอร์ส (open source) เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และความรู้เกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สามารถสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติได้ ผู้ก่อตั้งโครงการ Wiring คือ เฮอร์นันโด้ บาราแกน (Hernando Barragan) แห่ง ภาควิชาออกแบบและสถาปัตยกรรม (Architecture and Design School) ของมหาวิทยาลัย Universidad de Los Andes ประเทศโคลัมเบีย

ปัจจุบันโครงการ Wiring นี้ยังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอนทั้งในคณะวิศวกรรมศาสตร์และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ในมหาวิทยาลัยทั่วโลก แต่ Wiring นั้นใช้ chip ของ AVR ที่มีราคาแพงจึงเกิดการต่อยอดมาเป็น Arduino

Arduino เป็นรูปแบบของ Microcontroller ใช้ AVR chip ราคาประหยัดและมีซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาได้ทุก Platform Windows,Linux และ OSX ควบคุมอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ แล้วจึงทำการคอมไพล์เพื่อ upload เข้าวงจรโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ C/C++ สามารถทำการลบแล้วเขียนใหม่ได้จนกว่าจะหมดอายุ(เป็นพันครั้ง) โดยสามารถพัฒนาได้โดยไม่ต้องลงลึกเรื่องอิเล็คทรอนิคส์หรือไฟฟ้ากำลัง เพราะ Arduino มี Library ช่วยเหลือจึงง่ายในการทำโครงงานด้วย Microcontroller

คุณสมบัติที่สำคัญของ ATmega2560

-เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตแบบ RISC กำลังงานต่ำ

-หน่วยความจำโปรแกรมแฟลช 256 กิโลไบต์ รองรับการโปรแกรมในวงจรเขียน-ลบได้ 10,000 รอบ

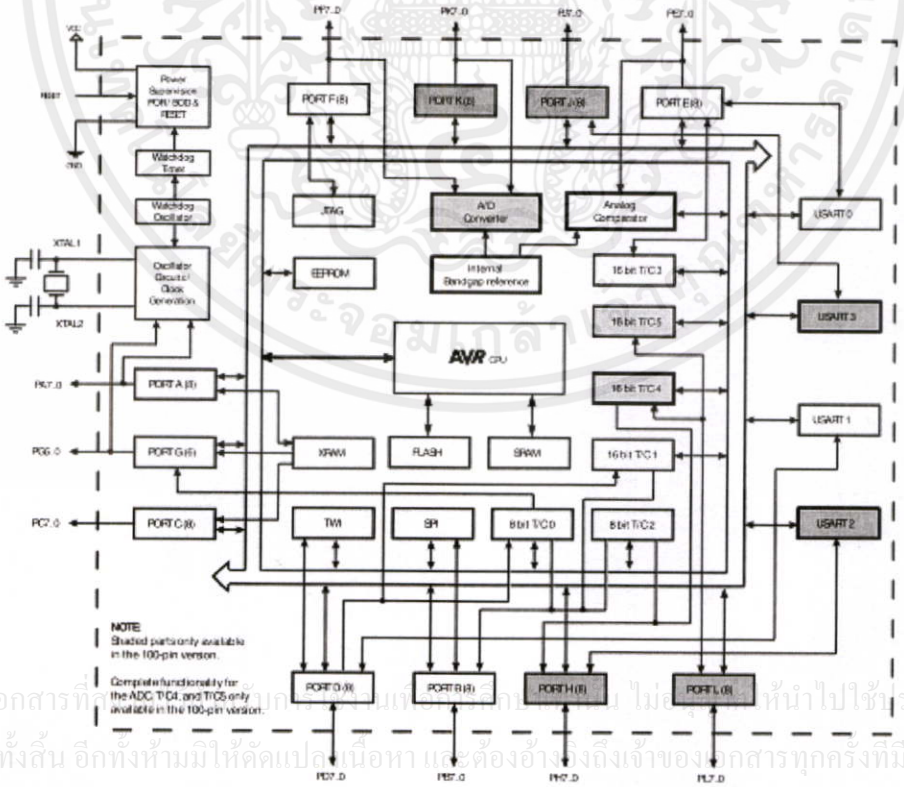
-หน่วยความจำข้อมูลแรม 8 กิโลไบต์และหน่วยความข้อมูลอีอีพรอม 4 กิโลไบต์ รักษาข้อมูลได้ 20 ปี

-บรรจุ USB บู๊ตโหลดเดอร์มาจากผู้ผลิต จึงโปรแกรมหน่วยความจำผ่านพอร์ต USB ได โดยไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรมภายนอก

-พอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบโปรแกรมได รวม 54 ขา

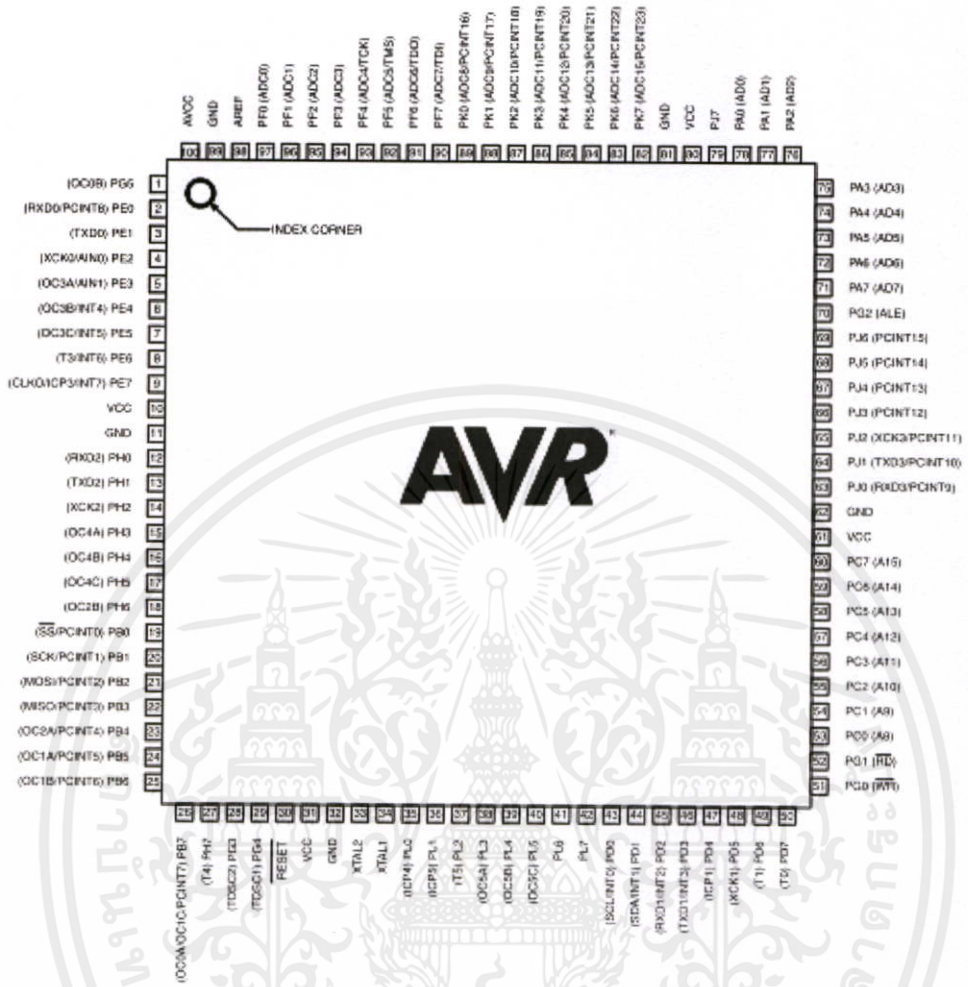
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-วงจรเชื่อมต่อพอร์ต USB ภายในชิป รองรับ USB 2.0
-ความถี่สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสูงสุด 16MHz
-เลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได ทั้งจากภายในและภายนอก
มีไทเมอร์เคาน์เตอร์ 6 ตัว
-มีโมดูลกำเนิดสัญญาณ PWM 15 ชุด
-มีเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (output compare)
-โมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ความละเอียด 10 บิต 16 ช่อง รองรับการทำงานของอินพุตแบบดิฟเฟอเรนเชียล และโปรแกรมอัตราการขยายสัญญาณได้
-โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรม USART แบบโปรแกรมได้ พร้อมส่วนควบคุมการถ่ายทอดข้อมูล
-โมดูลสื่อสารข้อมูลผ่านบัส SPI และ I 2 C
-มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนดหรือบราวเอาต์แบบโปรแกรมได
-มีโหมดการท างานเพื่อลดการใช้พลังงานหรือโหมดสลีปเลือกได้ 6 โหมด (โหมดเตรียมทำงานหรือไอเดิล) โหมดลดสัญญาณรบกวนในวงจร ADC, โหมดประหยัดพลังงาน, โหมดลดพลังงาน, โหมดหยุดรอหรือสแตนบายด์ และโหมดหยุดรอเพิ่มเติม หรือเอ็กเทนดสแตนบายด์
-ใช้ไฟเลี้ยงในย่าน +2.7 ถึง +5.5V หากเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาหลักความถี่ 8MHz จากภายในชิปใช้ไฟเลี้ยงได ไมเกิน +2.7V
-อุณหภูมิใช้งาน -40 ถึง +85 °C
-มีตัวถังแบบ CBGA และ TQFP



รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560

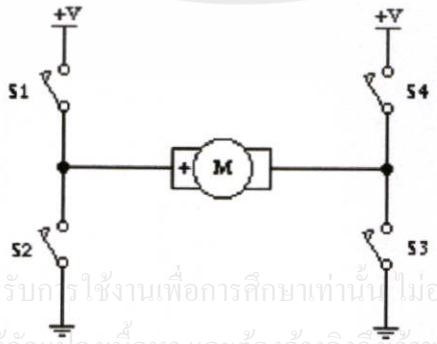
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560

2.3 การควบคุมมอเตอร์ด้วย H-Bridge Switching

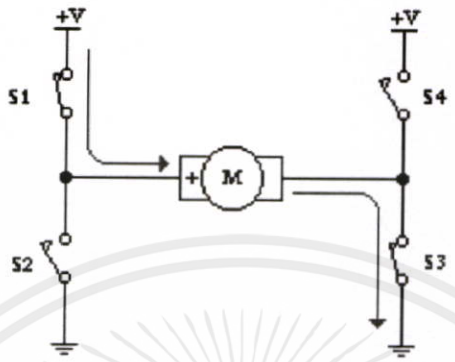
การควบคุมทิศทางการหมุนของ DC Motor โดยใช้หลักการทำงานของวงจร H-Bridge Switching



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

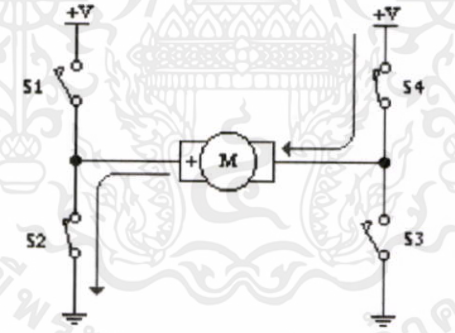
รูปที่ 2.3 วงจร H-Bridge Switching

หลักการของวงจรนั้น จะประกอบไปด้วย สวิทช์4 ตัว นั่นก็คือ S1 ,S2 ,S3 และ S4 ซึ่งในรูปตัวอย่าง จะใช้ DC-Motor เป็น Load ของวงจร



รูปที่ 2.4 การทำงานวงจร H-Bridge Switching

ในสภาวะเริ่มต้น สวิทช์ทุกตัว Off อยู่ก็จะไม่มีอะไรเกิดขึ้นทั้งสิ้น เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่มอเตอร์ (รูปที่ 6) ทำการ On สวิทช์ S1 และ S3 พร้อมกัน (รูปที่ 8) จะเป็นการเชื่อมวงจร ทำให้มีกระแสไฟฟ้า ไหลผ่านมอเตอร์จากขั้วบวกของมอเตอร์ไปยังขั้วลบของมอเตอร์จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ในทิศทาง Forward (จะหมุนแบบตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกานั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของการพันขดลวดภายในมอเตอร์)



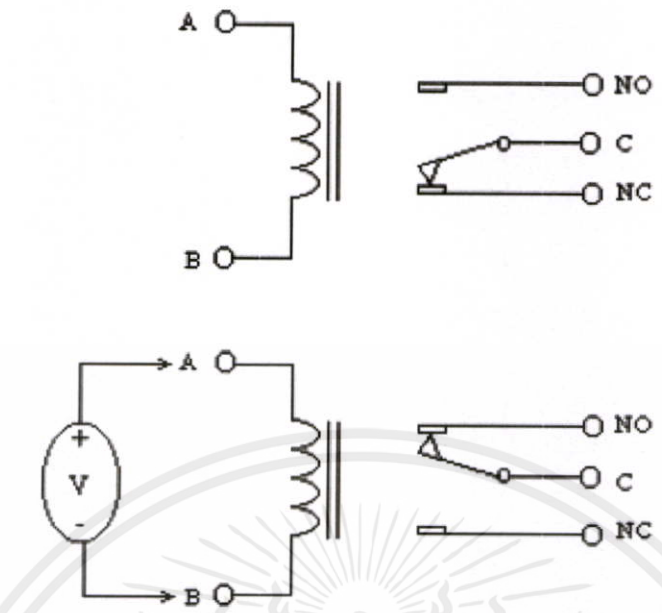
รูปที่ 2.5 การทำงานวงจร H-Bridge Switching ในอีกทิศทางหนึ่ง

และในทางกลับกัน ถ้าหากทำการ On สวิทช์S2 และ S4 พร้อมกัน (รูปที่ 9) ก็จะเป็นการเชื่อมวงจร และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ไหลผ่านมอเตอร์จากขั้วลบของมอเตอร์ไปยังขั้วบวกของมอเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้และเป็นการหมุนในทิศทาง Revers (กลับทิศทางกับกรณีแรก) วงจรนี้อาศัยสวิทช์ 4 ตัว เพื่อบังคับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ เพื่อควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามทิศทางที่ต้องการ โดยการผลัดกัน On และ Off สวิทช์พร้อมกัน 2 ตัว

การควบคุมทิศทางการหมุนของ DC Motor

สร้างวงจร H-Bridge Switching โดยใช้ Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

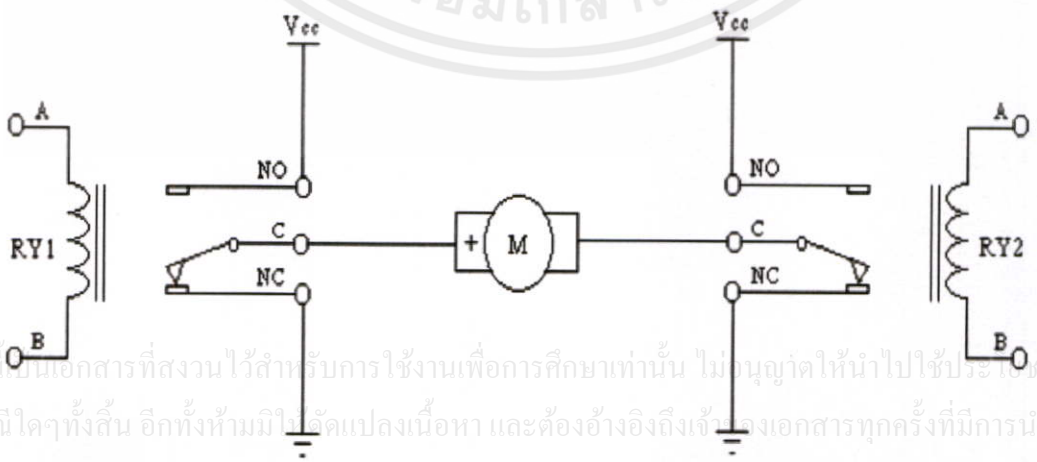


รูปที่ 2.6 วงจรภายในของRelay

รีเลย์เป็น อุปกรณ์แม่เหล็ก (Magnetics device) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก ในปัจจุบันนี้รีเลย์ถูกพัฒนาให้มีคุณภาพดีกว่าสมัยก่อนมาก แต่ยังคงหลักการ และโครงสร้างเดิม เอาไว้ภายใน โครงสร้างของ รีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวด (Coil) 1 ชุด และ หน้าสัมผัส (Contactor) ซึ่งใน หน้าสัมผัส 1 ชุด จะประกอบไปด้วย

- หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC.) ซึ่งในสภาวะปกติขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (Common)

- หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO.) ขานี้จะต้อเข้ากับขาร่วม (Common) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ) ใน รีเลย์1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด เช่น 2 ชุด, 4 ชุด เป็นต้น.... (แล้วแต่ผู้ผลิต) เมื่อขดลวดได้รับแรงดันตกคร่อม (ขา A และ B) จะทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็ก ดึงดูดให้หน้าสัมผัส NO และ C ติดกัน

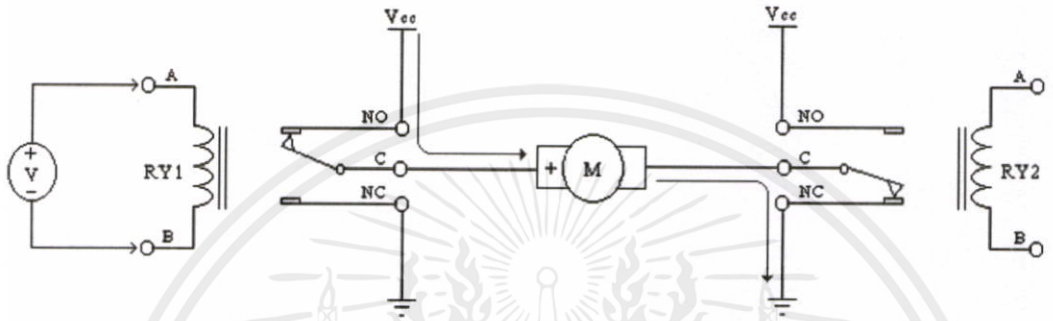


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 วงจร H-Bridge Switching โดยใช้Relay

วงจรนี้จะประกอบไปด้วย รีเลย์2 ตัว คือ RY1 และ RY2 ซึ่ง Load คือ DC-Motor ซึ่งต่ออยู่กับขาร่วม (C.) ของ RY1. และ RY2. โดยขั้วบวก (+) ของมอเตอร์ต่ออยู่ที่ขา C. ของ RY1 และขั้วลบ (-) ของมอเตอร์ ต่ออยู่ที่ขา C. ของ RY2 โดยที่ขา NO. ของ RY1 และ RY2 จะต่ออยู่กับขั้วบวก ของแหล่งจ่ายไฟ ที่จะจ่ายให้มอเตอร์ (Vcc) และขา NC. ของ RY1 และ RY2 จะต่อลงกราวด์

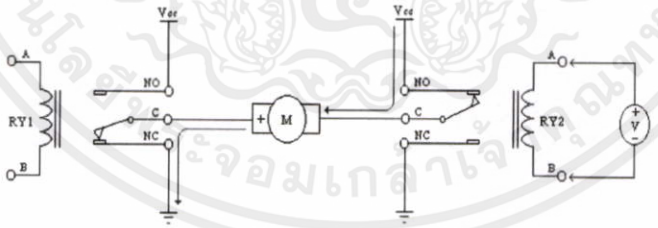
กรณีที่ RY1 ทำงาน...



รูปที่ 2.8 การทำงานวงจร H-Bridge Switching โดยใช้ Relay

เมื่อ RY1 ทำงาน (มีกระแสไหลผ่านขดลวดในปริมาณที่เพียงพอ) จะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดึงดูดให้ขา NO และขา C ของ RY1 ติดกัน ส่งผลให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (Vcc) ผ่านเข้าสู่ขั้วบวก (+) ของมอเตอร์ผ่านไปยังขา C ของ RY2 ซึ่งต่ออยู่ที่ NC และลงกราวด์ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางบวกและครบวงจร จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุน ในทิศทาง Forward ได้

กรณีที่ RY2ทำงาน



รูปที่ 2.9 การทำงานวงจร H-Bridge Switching โดยใช้Relay

เมื่อ RY2ทำงาน (มีกระแสไหลผ่านขดลวดในปริมาณที่เพียงพอ) จะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดึงดูดให้ขา NO และขา C ของ RY2 ติดกัน ส่งผลให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย (Vcc) ผ่านเข้าสู่ขั้วลบ (-) ของมอเตอร์ผ่านไปยังขา C ของ RY1 ซึ่งต่ออยู่ที่ NC และลงกราวด์ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางลบ และครบวงจร จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนในทิศทาง Reward ถึงรีเลย์จะเป็นอุปกรณ์ที่นำมาประยุกต์สร้างเป็นวงจร H-Bridge Switching ได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก แต่รีเลย์นั้นเป็นอุปกรณ์แม่เหล็ก ที่มีส่วนเคลื่อนไหวทางกล เพราะฉะนั้นย่อมจะมีข้อจำกัดทางกล เช่น ผลกระทบของการตอบสนอง... รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำ เช่นรีเลย์ชนิดแรงดันต่ำ (กระตุ้นขดลวดไม่เกิน 24v.) จะใช้เวลาในการทำงานประมาณ 10 - 50 ms และรีเลยขนาดใหญ่ที่

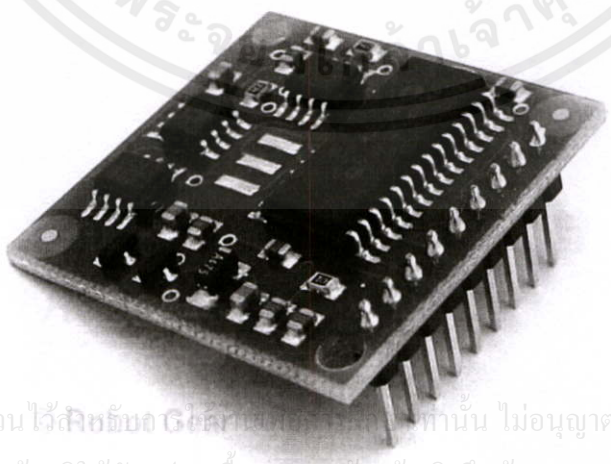
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ควบคุมมอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม นั้น อาจใช้เวลาในการทำงานมากกว่า 100 ms ผลกระทบจากอำนาจแม่เหล็กรีเลย์เป็นอุปกรณ์แม่เหล็ก ดังนั้นจึงไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้
ดังนั้นหลายคนอาจเคยมีปัญหาของ รีเลย์ไปรบกวนการทำงานของวงจรไมโครฯ การแก้ไข มีหลายวิธี เช่น

- แยกกราวด์ : คือ การแยกกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟสำหรับวงจรไมโครฯ และแหล่งจ่ายไฟกระตุ้น
รีเลย์ออกจากกันโดยใช้อุปกรณ์ OptoCuppler
- แยกบอร์ด : คือ การแยกการทำงานในส่วนของวงจรรีเลย์ออกไปจากบอร์ดไมโครฯ แล้วทำการ
ชีลด์ให้ดี
- ลดขนาดแรงดันกระตุ้น : คือ การเปลี่ยนตัวรีเลย์เช่นเปลี่ยนจากรีเลย์ขนาด 24 V มาเป็นขนาด 12 V ในการใช้อุปกรณ์ทางกล แล้วมักจะเกิดปัญหาดังที่ได้กล่าวมาควรใช้อุปกรณ์ที่จะ Solidstate อย่าง Semiconductor device เช่น Transistor มาสร้างเป็นวงจร H-Bridge switching

2.4 โมดูลเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ CMPS03

เครื่องมือช่วยบอกทิศทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ แสดงค่ามุมเมื่อเทียบกับทิศเหนือเป็นตัวเลข ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ นับเป็นเรื่องน่าสนใจอย่างยิ่งเมื่อนักทดลองไมโครอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหลายในเมืองไทยมีโอกาสใช้งานตัวตรวจจับแบบหนึ่งที่เรียกว่า โมดูลเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (electronic compass หรือ Digital compass) ซึ่งมันสามารถจะให้ค่าทิศทางเมื่อเทียบกับทิศเหนือของโลกได้ รวมถึงในโมดูลเข็มทิศบางตัวสามารถที่จะตั้งค่าของมุมหรือทิศทางอ้างอิงได้ จึงทำให้นำไปใช้ในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับบอกหรือกำหนดทิศทางได้
ซึ่งบ้านเรา ก็มักจะเอาโมดูลเข็มทิศมาใส่ในหุ่นยนต์อัตโนมัติ เพื่อให้มันสามารถรู้ทิศทางได้ แต่ที่น่าแปลกใจคือ กลับไม่มีใครเอามาทำเป็นเครื่องมือบอกทิศจริงๆ ให้ได้ลองใช้งานกันสักที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 โมดูลเข็มทิศ CMPS03

2.4.1 คุณสมบัติ

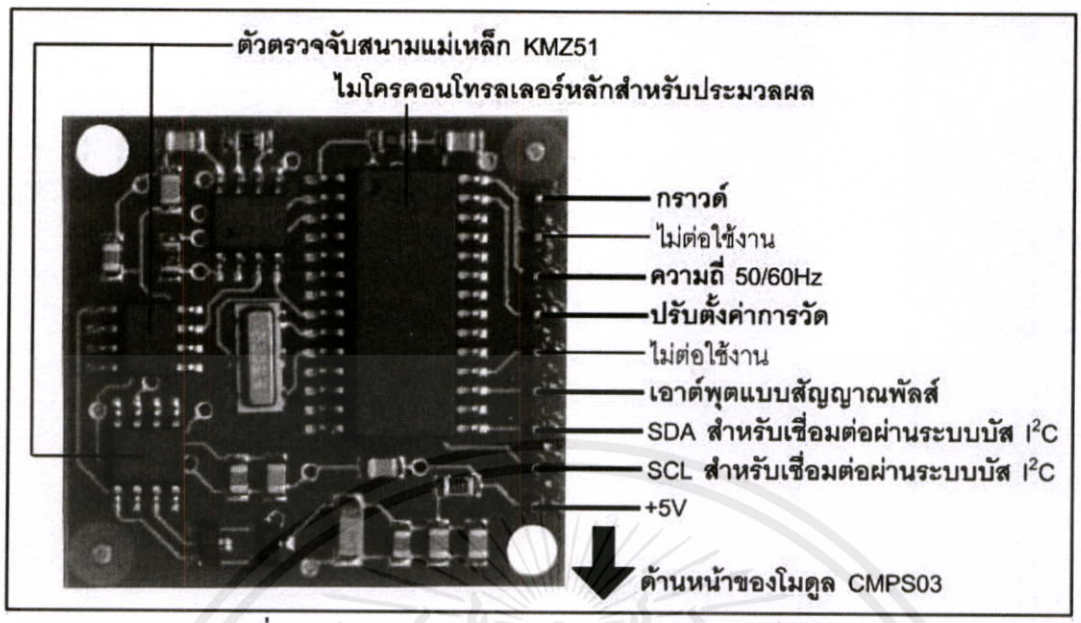
1. ใช้ไฟเลี้ยง +5 V ต้องการกระแสไฟฟ้า 20 mA
2. ใช้ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กเบอร์ KMZ51 ของ Philips จำนวน 2 ตัว เพื่อให้สามารถตรวจจับสนามแม่เหล็กโลกได้อย่างสมบูรณ์และมีความละเอียดมากเพียงพอ
3. ความละเอียดของมุม 0.1 องศา
4. ค่าความผิดพลาด 3-4 องศา โดยประมาณ หลังจากการปรับแต่ง
5. เอาท์พุตแบบสัญญาณพัลส์ ความกว้าง 1 ถึง 37 มิลลิวินาที โดยมีอัตราเพิ่มครั้งละ 0.1 มิลลิวินาที
6. เอาต์พุตข้อมูลดิจิตอลผ่านการติดต่อระบบบัส I2C รองรับสัญญาณนาฬิกาความถี่สูงถึง 1 MHz โดยให้ข้อมูล 2 รูปแบบคือ 0-255 และ 0-3599
7. ขนาดเล็กเพียง 32 x 35 มิลลิเมตร
8. สื่อสารกับโมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยมได้ทุกตระกูล อาทิ เบสิกแสตมป์ 2SX/2P, PIC, MCS-51, PSoC , 68HC11 ทั้งผ่านระบบบัส I2C และด้วยการวัดสัญญาณพัลส์

โมดูลเข็มทิศดิจิตอล CMPS03 ออกแบบมาเพื่อช่วยในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติและนำมาใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดและตรวจสอบทิศระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยหัวใจสำคัญของโมดูล CMPS03 คือ ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กเบอร์ KMZ51 ของ Philip จำนวน 2 ตัว เพื่อให้มีความไวเพียงพอในการตรวจจับสนามแม่เหล็กโลก (Earth magnetic field)และไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจากตัวตรวจจับมาประมวลผลเป็นข้อมูลดิจิตอลและสัญญาณพัลส์สำหรับแจ้งผลการวัดทิศทาง

2.4.2 ตำแหน่งขาและการต่อใช้งาน

ในรูปที่ 2.1.1 แสดงรูปร่างหน้าตาและการจัดขาของ CMPS03 โมดูลเข็มทิศดิจิตอล จะเห็นว่าเป็นแผงวงจรที่มีคอนเน็กเตอร์ออกมาเพื่อให้เชื่อมต่อไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงรูปร่างและตำแหน่งขาสำหรับการต่อใช้งาน

2.4.3 การอ่านค่าสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลCMPS03

2.4.3.1 การอ่านค่าทิศทางจากเอาต์พุตสัญญาณพัลส์

การอ่านค่าสัญญาณในโหมดนี้ เป็นการนำค่าความกว้างพัลส์ที่ได้จากเอาต์พุตสัญญาณพัลส์ของโมดูล CMPS03 มาระบุตำแหน่งองศา จาก 0 ถึง 359.9 องศา โดยมีย่านของค่าความกว้างสัญญาณพัลส์จาก 1 มิลลิวินาทีไปจนถึง 36.99 มิลลิวินาที มีความละเอียด 0.1 มิลลิวินาทีต่อองศา ในสัญญาณพัลส์แต่ละไซเคิล มีช่วงลอจิก “0”กว้าง 65 มิลลิวินาที
ดังนั้นในการนำสัญญาณพัลส์มาประมวลผลเป็นค่ามุม จึงต้องใช้การนับความกว้างของสัญญาณพัลส์เป็นหลักในการคำนวณหาค่ามุมที่โมดูล CMPS03 วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งรีจิสเตอร์	รายละเอียด
0	ตัวเลขแสดงรุ่นของบอร์ด CMP03
1	ส่งค่าตำแหน่งแบบหยาบ (0-255)
2,3	ส่งค่าตำแหน่งแบบละเอียดด้วยตัวเลข 16 บิต (0-3599) สามารถแปลงค่าเพื่อแสดงองศา 0-359.9 องศาได้โดยตรง
4,5	สำหรับตรวจสอบค่าภายใน โดยจะแสดงค่าความต่างของ Sensor1 เป็นตัวเลข 16 บิตแบบคิดเครื่องหมาย
6,7	สำหรับตรวจสอบค่าภายใน โดยจะแสดงค่าความต่างของ Sensor2 เป็นตัวเลข 16 บิตแบบคิดเครื่องหมาย
8,9	แสดงค่าตัวเลขการปรับแต่งภายใน (calibration value1) เป็นตัวเลข 16 บิตแบบคิดเครื่องหมาย
10,11	แสดงค่าตัวเลขการปรับแต่งภายใน (calibration value2) เป็นตัวเลข 16 บิตแบบคิดเครื่องหมาย
12,13	ไม่ใช้งานอ่านค่าได้เป็น 0
14	ไม่ใช้งาน ไม่ได้กำหนดค่าไว้
15	คำสั่งสำหรับการปรับแต่งค่า โดยเมื่อต้องการปรับแต่งค่า ต้องเขียนข้อมูล 255 เข้าที่รีจิสเตอร์ตำแหน่งนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายในโมดูลCMPS03

2.4.4 การอ่านค่าทิศทางเป็นข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I2C

การอ่านค่าจากโมดูล CMPS03 ให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำสูงควรเลือกเอาต์พุตข้อมูลดิจิตอลผ่านระบบบัส I2C โดยโมดูล CMPS03 สามารถส่งข้อมูลของตำแหน่งออกมาที่ความละเอียดสูงสุด 0.1 องศาโดยไม่จำเป็นต้องมีการคำนวณ หรือแปลงค่าใดๆอีก

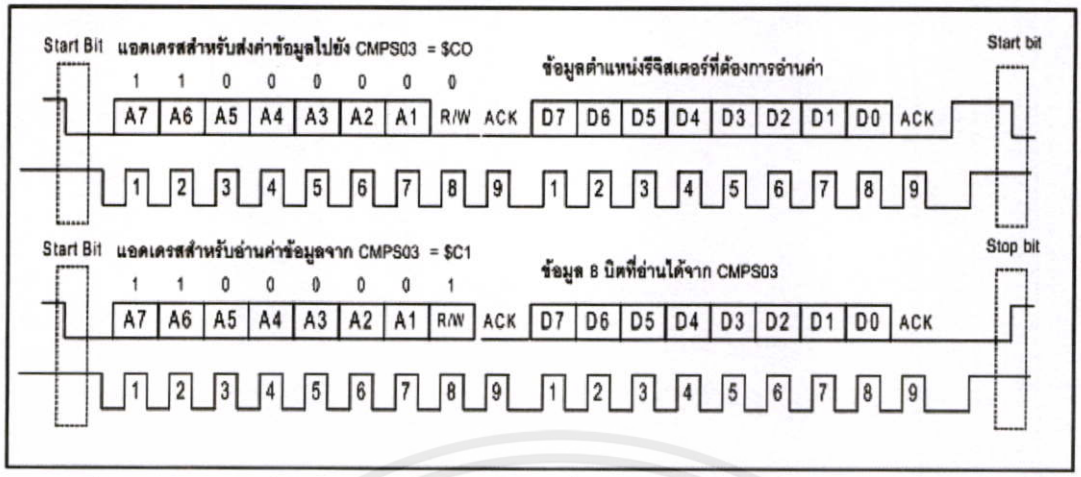
2.4.4.1 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลบัส I2C

บัส I2C เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้สายสัญญาณ 2 เส้น ได้แก่ ขา SDA (รับและส่งข้อมูล) และ SCL (ขาสัญญาณนาฬิกา) โดยขาสัญญาณทั้งสองจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปต่อไว้เพื่อกำหนดสถานะลอจิก “1” ให้กับระบบบัส

2.4.4.2 ลำดับขั้นการติดต่อ

ค่าแอดเดรสของโมดูล CMPS03 คือ $C0 สำหรับการส่งข้อมูล และ $C1 สำหรับการอ่านค่าข้อมูลโดยขั้นตอนการติดต่อกับโมดูลCMPS03เพื่ออ่านข้อมูลมีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงไทมิ่งไดอะแกรมของการติดต่อสื่อสารกับโมดูล CMPS03 ผ่านระบบบัส I2C

1. ส่งบิตเริ่มต้นหรือ Start bit เพื่อแจ้งให้ระบบบัส I2C เตรียมพร้อมรับข้อมูล
2. ส่งค่าแอดเดรส $C0 เพื่อระบุว่าต้องการติดต่อเพื่อเขียนข้อมูลไปยังโมดูล CPMS03
3. ส่งค่าตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายในโมดูล CPMS03 ที่ต้องการอ่านค่า ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 16
4. ส่งค่าแอดเดรส $C1 เพื่อระบุว่าต้องการอ่านค่าข้อมูลจากโมดูล CPMS03
5. อ่านค่าข้อมูลจากโมดูล CPMS03 มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ
6. ส่งบิตหยุดหรือ Stop เพื่อหยุดการสื่อสารข้อมูลและกำหนดให้บัสอยู่ในสภาวะบัสว่าง

2.5 Bluetooth

BLUETOOTH คือ ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคแบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz. แต่จะแยกย่อยออกไป ตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz. แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz. แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และ ป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอพพลิเคชั่นต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อยๆ ด้วย

ส่วนความสามารถการส่งถ่ายข้อมูลของ Bluetooth จะอยู่ที่ 1 Mbps (1 เมกกะบิตต่อวินาที) และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ซึ่งถือว่าเหลือเฟือมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ล่ะก็ คงจะช้าเกินไป และถ้าถูกนำไปเปรียบกับ Wireless LAN (WLAN) แล้ว ความสามารถของ Bluetooth คงจะห่างชั้นกันเยอะ ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ขอได้เปรียบของ Bluetooth จะอยู่ที่ขนาดที่เล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก อยู่ที่ 0.1 วัตต์ หากเทียบกับคลื่นมือถือแล้ว ยังห่างกันอยู่หลายเท่าเหมือนกัน

2.5.1 เป้าหมายของ Bluetooth

เทคโนโลยีบลูทูธพัฒนาขึ้นมา โดยมีเป้าหมายคือ

1. Low cost implementation พัฒนาให้มีราคาต่ำ ที่สามารถให้คนทั่วไปใช้ได้
2. Small implementation size ทำให้บลูทูธมีขนาดเล็กที่สุด เพื่อให้ใช้งานได้สะดวก
3. Low power consumption ให้บลูทูธใช้พลังงานในการทำงานน้อย เพื่อให้สามารถติดต่อกันได้โดยไร้ข้อจำกัด
4. Robust, high quality data & voice transfer พัฒนาให้บลูทูธมีความทนทานในการใช้งานและสามารถส่งทั้งข้อมูลและเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. Open global standard เป็นมาตรฐานเปิด คือให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ทำให้เทคโนโลยีพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว (Bluetooth 2001)

2.5.2 ลักษณะการทำงานของบลูทูธ

การอธิบายโดยย่อ คือ บลูทูธเป็นเทคโนโลยีของอินเตอร์เฟซทางคลื่นวิทยุ ใช้ในการเชื่อมโยงสื่อสารไร้สายในแถบความถี่ 2.45GHz ทำให้อุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์ที่เคลื่อนย้ายได้สามารถติดต่อสื่อสารกันแบบไร้สายระหว่างกันในระยะห่างสั้นๆ ได้ อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้สูงสุดถึง 7 ตัวพร้อมกัน เราเรียกเครือข่ายการติดต่อนี้ว่า Piconet ยิ่งไปกว่านั้น อุปกรณ์แต่ละตัวยังสามารถสังกัดอยู่กับเครือข่าย Piconet ได้หลายเครือข่ายพร้อมกันอีกด้วย

เทคโนโลยีการส่งคลื่นวิทยุของบลูทูธจะใช้การกระโดดเปลี่ยนความถี่ (Frequency hop) เพราะว่าเทคโนโลยีนี้เหมาะที่จะใช้กับการส่งคลื่นวิทยุที่มีกำลังส่งต่ำและราคาถูก โดยจะแบ่งออกเป็นหลายช่องความถี่ขนาดเล็ก ในระหว่างที่มีการเปลี่ยนช่องความถี่ที่ไม่แน่นอนทำให้สามารถหลีกหนีสัญญาณรบกวนที่เข้ามาแทรกแซงได้

ส่วนรายละเอียดเพิ่มเติม

- ระยะทาง : ให้การเชื่อมต่อที่มีเสถียรภาพด้วยความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีที่ระยะทาง 10 เมตร หรือ 33 ฟุต
- Protocal :Bluetooth v1.1 Compliant
- Encryption : 60-64Bit and 104/128Bit Wep Encryption
- ระบบที่ต้องการ : PPC, Symbian Phone, Linux, Windows xxx
- เป็น USB ฟอร์มแฟคเตอร์ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานทั้งบนเครื่องเดสก์ทอปและโน้ตบุ๊ค
- การแชร์ไฟล์ด้วยวิธี drag-and-drop จะทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลและการ coolaboration ทำได้อย่างง่ายดาย

2.6 Ultrasonic sensor

2.6.1 ระบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic) หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่

พวกที่อายุยังน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอุลตร้าโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้ สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอุลตร้าโซนิคมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอุลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (10^9 Hz) ก็มีใช้กันในหลาย ๆการใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

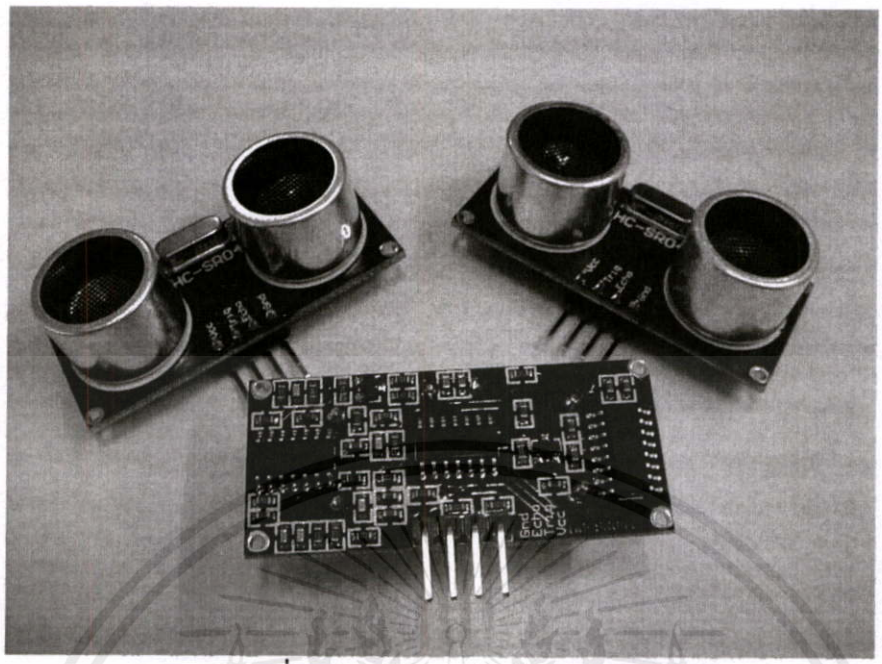
2.6.2 การวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค โมดูล HC-SR04

โมดูลสำหรับวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิคมีให้เลือกใช้งานแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิต คุณภาพ และราคา มีราคาถูกไม่กี่ร้อยบาท ไปจนถึงราคาเป็นพันบาท สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้งานได้ เช่น การตรวจจับสิ่งกีดขวางสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ บทความนี้จะกล่าวถึง การทดลองใช้งานโมดูล HC-SR04 วัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค ร่วมกับบอร์ด Arduino

หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค

โมดูล HC-SR04 เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ราคาถูก สำหรับวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิค (ใช้คลื่นเสียงความถี่ ประมาณ 40kHz) มีสองส่วนหลักคือ ตัวส่งคลื่นที่ทำหน้าที่สร้างคลื่นเสียงออกไปในการวัดระยะแต่ละครั้ง ("Ping") แล้วเมื่อไปกระทบวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง คลื่นเสียงถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับแล้วประมวลผลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในโมดูล ถ้าจับเวลาในการเดินทางของคลื่นเสียงในทิศทางไปและกลับ และถ้าทราบความเร็วเสียงในอากาศ ก็จะสามารถคำนวณระยะห่างจากวัตถุกีดขวางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 รูปภาพอุปกรณ์ HC-SR04

โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V (4.5V ถึง +5.5V) โดยป้อนให้ขา VCC และ GND โมดูลนี้ มีขาสัญญาณดิจิทัล TRIG (อินพุต) และ ECHO (เอาต์พุต) ที่นำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อย่างเช่น Arduino ในการวัดระยะห่างแต่ละครั้ง จะต้องสร้างสัญญาณแบบ Pulse ที่มีความกว้าง (Pulse Width) อย่างน้อย 10 usec ป้อนให้ขา TRIG และหลังจากนั้นให้วัดความกว้างของสัญญาณช่วง HIGH จากขา ECHO ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่ได้ก็จะน้อย แต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลออกไป ก็จะได้ค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่มากขึ้น

การเลือกใช้งานโมดูลประเภทนี้ มีประเด็นที่สำคัญ เช่น ช่วงระยะห่างของการวัด ความกว้างของมุมเมื่อคลื่นเสียงเดินทางออกไปจากตัวส่ง (เรียกว่า Beam Angle) นอกจากนั้น การสะท้อนกลับของคลื่นเสียงที่วัตถุกีดขวาง ขนาดและรูปทรงของวัตถุ และการสะท้อนกลับของเสียงจากหลายทิศทาง หรือต่างระยะกัน ก็มีผลต่อความถูกต้องหรือความผิดพลาดในการวัดค่าระยะห่างได้เช่นกัน

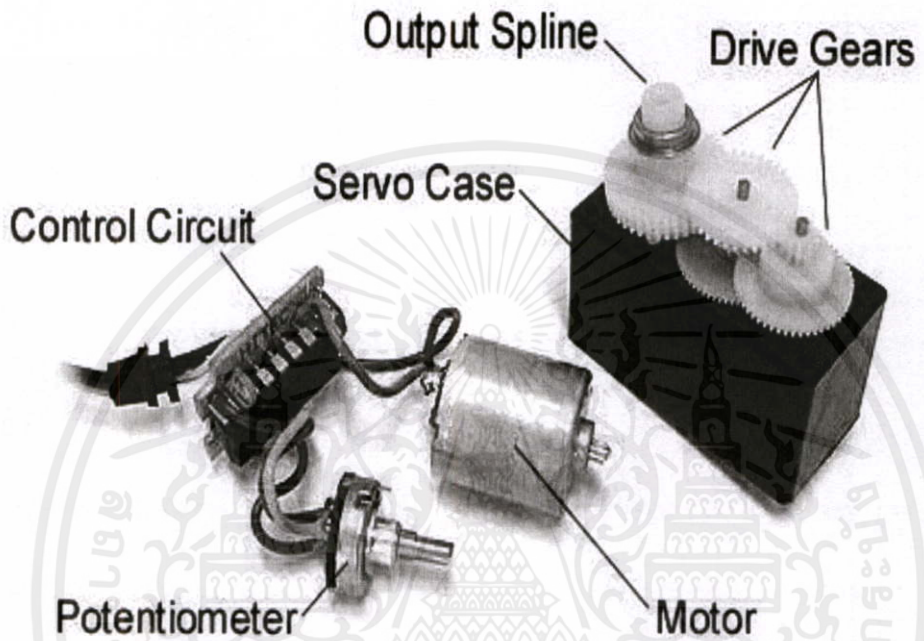
2.6.3 ข้อมูลเชิงเทคนิคของโมดูล HC-SR04

- ใช้แรงดันประมาณ +5V
- กินกระแสประมาณ 15mA
- ช่วงการวัดระยะทาง (measurement range): ประมาณ 4cm ถึง 4m
- ความกว้างเชิงมุมในการวัด (measuring angle): 15 องศา
- ความกว้างของสัญญาณ Pulse สำหรับ Trigger: 10 usec
- ระดับแรงดันลอจิกสำหรับขา TRIG และ ECHO: 5V TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Rc Servo ความรู้พื้นฐานในการใช้งานเซอร์โว

อย่างที่เราพอจะทราบกันดีอยู่แล้วว่าหลักการทำงานของ Rc servo คือการเปลี่ยนคำสั่งที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าจากรีซีฟเวอร์ให้เป็นการเคลื่อนที่ของแขนเซอร์โว ซึ่งโดยปรกติแล้วสายสัญญาณของเซอร์โวจะเสียบไว้ที่ช่องใดช่องหนึ่งของรีซีฟเพื่อใช้บังคับส่วนต่างๆของเครื่องบิน ดังนั้นแล้วการเคลื่อนที่ ของเซอร์โวจึงขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของสติ๊กที่ตัววิทยุนั่นเอง



รูปที่ 2.14 รูปองค์ประกอบหลักของเซอร์โว

องค์ประกอบหลักของเซอร์โวโดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้คือ

1.Servo Case ซึ่งส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติก

2.Motor ซึ่งเป็นส่วนให้กำลังในการหมุนของเซอร์โว

3.Control Circuit มีหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณควบคุมจากรีซีฟซึ่งส่งมาเป็นแบบ PWM และส่งการควบคุมไปสั่งการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนแขนของเซอร์โวให้อยู่ในตำแหน่งที่ได้ถอดรหัสมา

4.Potentiometer คือส่วนที่ตรวจวัดตำแหน่งของเซอร์โวและส่งสัญญาณกลับไปยัง Control Circuit เพื่อแก้ไขตำแหน่งให้ถูกต้องตามสัญญาณที่ได้เซ็ตไว้

5.Drive Gear คือชุดทดรอบจากการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง

6.Output Spline คือส่วนที่ป้องกันการเสียดสีระหว่าง Servo Case และ Output shaft ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ประเภท Baring เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานที่ดี

7.Servo wire คือสายไฟของเซอร์โวซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

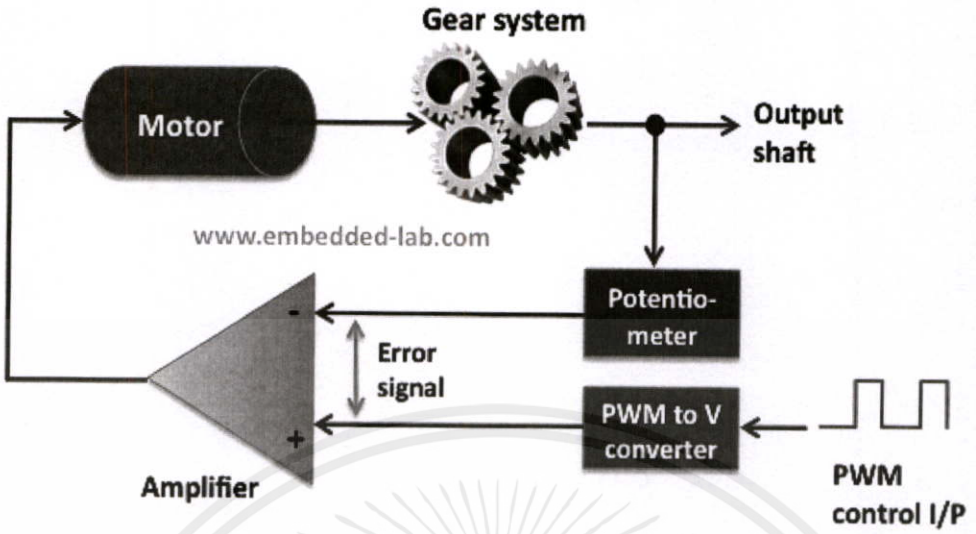
สายไฟของเซอร์โวจะมีอยู่สามเส้นซึ่งจะติดเป็นชุดเดียวกัน ซึ่งจะมีหน้าที่คือ

เส้นที่ 1 จ่ายไฟกระแส + DC ซึ่งแรงดันปรกติจะอยู่ที่ 5-6 โวลท์

เส้นที่ 2 เป็นสาย Ground หรือเป็นขั้ว – DC

เส้นที่ 3 เป็นสายสัญญาณ โดยที่รีซีฟจะส่งสัญญาณลักษณะ on/off pulsed

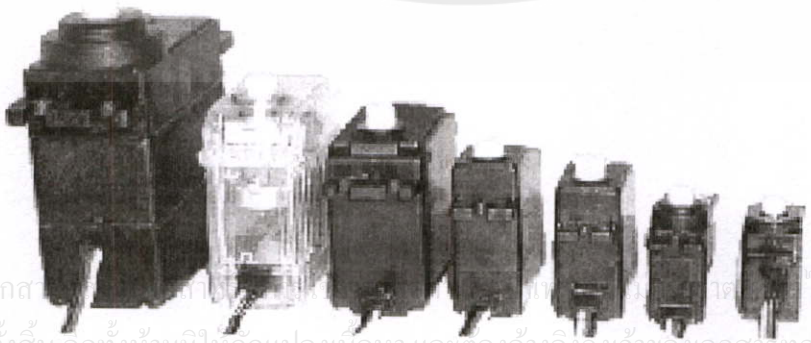
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงระบบการทำงานของเซอร์โว

ตามภาพด้านบนซึ่งแสดงระบบการทำงานของเซอร์โวโดยที่รีซีฟจะส่งสัญญาณการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวไปยังส่วน Control Circuit ของเซอร์โวโดยสัญญาณที่ส่งมาจะเป็นสัญญาณแบบ PWM(Pule Width Modulation) จากนั้น Control Circuit จะถอดรหัสสัญญาณ PWM ที่ได้ให้เป็นตำแหน่งของเซอร์โวที่ถูกต้องโดยเปรียบเทียบค่าตำแหน่งปัจจุบันกับสัญญาณกลับจาก Potentiometer แล้วจึงส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ให้ไปหมุนไปในทิศทางที่จะทำให้ตำแหน่งของ Potentiometer มีค่าที่ถูกต้องเท่ากับค่าที่ได้ถอดรหัสมา ซึ่งขณะที่มอเตอร์หมุนก็จะมีเฟืองที่ไปต่อกับแกนของ Potentiometer(ปรกติจะอยู่ในแกนเดียวกับ output shaft) ด้วยดังนั้นกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นซ้ำๆจนกว่าค่าของ Potentiometer จะมีค่าเท่ากับการถอดรหัสสัญญาณที่ได้รับมาจากรีซีฟ การทำงานของมอเตอร์จึงจะหยุด แต่กระบวนการทำงานของ Control Circuit จะยังทำงานอยู่ตลอดเวลาเพียงแต่หากค่าของ Potentiometer มีค่าเท่ากับสัญญาณที่ถอดรหัสมาจากรีซีฟแล้วก็จะไม่มีการส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์(ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสต็อกที่รีโมท) ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่าการอัพเดทสัญญาณโดยมีความเร็วที่ 50 ครั้งต่อหนึ่งวินาที เราจึงเห็นเป็นการเคลื่อนที่ของเซอร์โว

2.7.1 ขนาดของเซอร์โว



เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 เซอร์โวขนาดต่างๆ

โดยปรกติขนาดของเซอร์โวจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ micro, standard และ giant หรือ 1/4 scale เพื่อที่จะให้ครอบคลุมการใช้งานของเครื่องบินบังคับวิทยุ ซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกันไป แต่ในปัจจุบันก็ได้มีเซอร์โวที่มีขนาดที่หลากหลายเพื่อครอบคุมการใช้งานมากขึ้น

2.7.2 Speed และ Torque Ratings

นอกเหนือจากขนาดภายนอกของเซอร์โวที่เราต้องพิจารณาในการใช้งานแล้วยังมีคุณลักษณะที่เราต้องพิจารณาอีกก็คือ speed(ความเร็ว) และ Torque (แรงบิด)

Speed การวัดความเร็วของเซอร์โวก็คือเวลาที่เซอร์โวใช้ต่อองศาในการหมุนค่าหนึ่ง ซึ่งมุมมาตรฐานที่ใช้วัดกันทั่วไปคือ 60 องศา จึงกล่าวได้ว่า ความเร็วของเซอร์โวก็คือ เวลาที่ใช้ในการหมุนแขนของเซอร์โวไปจากตำแหน่งเดิมเป็นมุม 60 องศา ดังนั้น ตัวเลขเวลาที่มีค่าน้อยเท่าไหร่หมายถึงเซอร์โวยิ่งมีความเร็วมากขึ้นเท่านั้น

ยกตัวอย่างเช่น เซอร์โวตัวหนึ่งมีความเร็ว 0.12 sec/60° ซึ่งหมายถึงเซอร์โวตัวนี้ใช้เวลา 0.12 วินาที ในการหมุนแขนของเซอร์โวเป็นมุม 60 องศา ซึ่งถือว่าเป็นมีความเร็วเป็นสองเท่าของความเร็วของเซอร์โวมาตรฐานซึ่งมีความเร็วอยู่ที่ 0.24 sec/60° แต่สำหรับเซอร์โวที่ใช้ควบคุมหางของเฮลิคอปเตอร์วิทยุบังคับแล้วอาจต้องใช้เซอร์โวที่มีความเร็วที่มากขึ้นเช่น 0.06 sec/60°

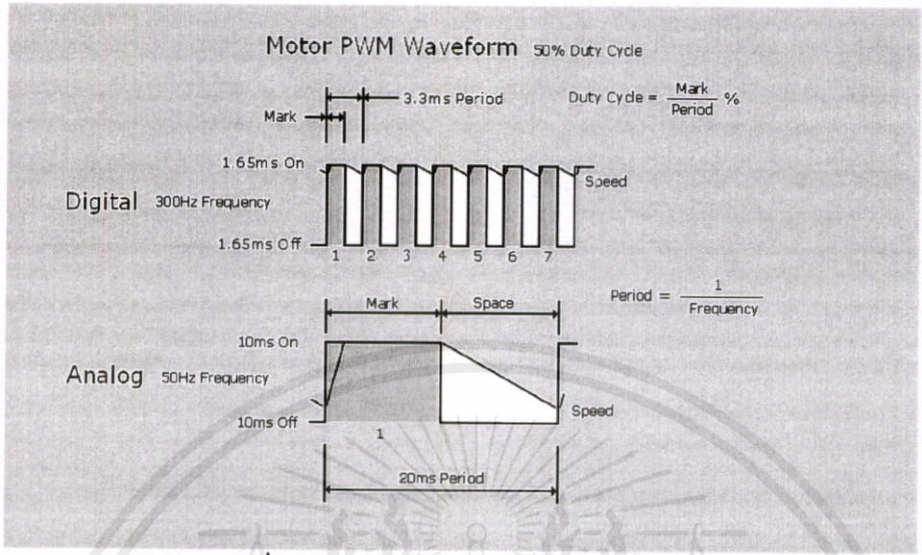
Torque แรงบิด หมายถึง แรงที่แขนของเซอร์โวสามารถกระทำได้ ซึ่งแรงนี้วัดกันในหน่วยของ ออนซ์ ต่อ นิ้ว(oz-in) หรือ กิโลกรัม ต่อ เซนติเมตร (kg-cm) ซึ่งตัวเลขที่มากหมายถึงแรงที่ที่เซอร์โวสามารถฉุดหรือผลักได้ โดยที่ standard servo แรงบิดจะอยู่ที่ประมาณ 40 oz-in สำหรับเซอร์โวประเภทแรงบิดสูง(high torque) อาจมีแรงบิดสูงถึง 200 oz-in แล้ว 40 ounce-inches หมายถึงอะไร หมายถึง ถ้าแขนของเซอร์โวมีความยาวหนึ่งนิ้วจะมีแรงดึงหรือแรงฉุดขนาด 40 ounces ก่อนที่เซอร์โวจะมาสามรถหมุนได้อีก(Stalling) ดังนั้นหากแขนของเซอร์โวมีความยาก ½ นิ้ว ก็จะสามารถดึงหรือฉุดได้ 80 ounces และ หากแขนของเซอร์โวยาว 2 นิ้ว ก็จะสามารถฉุดหรือดึงได้ 20 ounces ตามหลักการคำนวนโมเมนต์

ความเร็วและแรงบิดของเซอร์โวจะมีค่าต่างกันเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันให้กับรีซีฟ โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ค่าคือ 4.8 โวลท์ และ 6.0 โวลท์ ซึ่งจะได้มาจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าของ BEC's หรือ อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า(voltage regulator) และแน่นอนอยู่แล้วว่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าย่อมให้ ความเร็วและแรงบิดที่สูงกว่า จึงได้มีเซอร์โวที่รองรับแรงดันไฟฟ้าได้ถึง 8.6 volts ซึ่งให้ความเร็วและแรงบิดที่สูงมาก ทั้งยังสามารถรับแรงดันไฟฟ้าจากแบ็ต 2S Lipo ได้โดยไม่ต้องมีวงจรปรับแรงดันไฟฟ้าและแน่นอนว่ารีซีฟก็ต้องสามารถรองรับแรงดันไฟฟ้านี้ได้ด้วยซึ่งรีซีฟระบบ 2.4 GhZ ในปัจจุบันส่วนใหญ่ก็สามารถรองรับได้

ส่วนองค์ประกอบที่ทำให้ต้องจำกัดของแรงดันไฟฟ้าสำหรับเฮลิคอปเตอร์ที่นอกเหนือจากเครื่องบินคือ ไจโร(Gyro) และ Gyro servo ซึ่งส่วนมากจะออกแบบมาให้ทำงานกับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 5 โวลท์ แต่แนวโน้มในปัจจุบันก็ได้มีการผลิต Gyro ที่สามารถทำงานได้กับแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 Digital Servos กับ Analog Servo

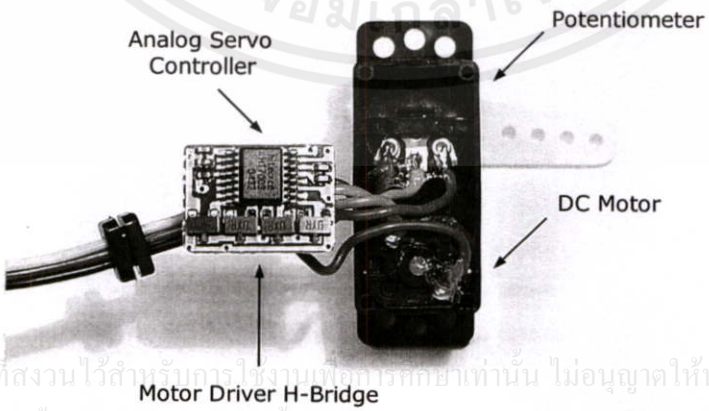


รูปที่ 2.17 แสดงเซอร์โวอนาล็อกและดิจิตอล

ในสมัยยุคแรกของการเล่นเครื่องบินบังคับวิทยุ เซอร์โวในยุคนั้นยังมีเฉพาะระบบสัญญาณอนาล็อกเท่านั้นแต่ปัจจุบันได้มีเซอร์โวในระบบสัญญาณดิจิตอลเกิดขึ้น เพื่อที่จะหาว่าระบบไหนมีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไร ระบบไหนจะดีกว่ากัน ลองมาดูการทำงานของแต่ละระบบกันก่อน

ถ้ามองเฉพาะลักษณะภายนอกและองค์ประกอบหลักแล้วแทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลย ทั้ง servo case, motor, gears และ แม้แต่ feed back potentiometer ก็ยังเป็นแบบเดียวกันทั้งสองระบบ ข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวของทั้งสองระบบนี้คือรูปแบบการแปลสัญญาณที่ได้จากรีซีฟเวอร์และการส่งต่อสัญญาณนั้นไปสั่งการทำงานให้มอเตอร์ของเซอร์โวหมุน

2.7.3.1 Analog Servo Operation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18 รูปอนาล็อกเซอร์โว

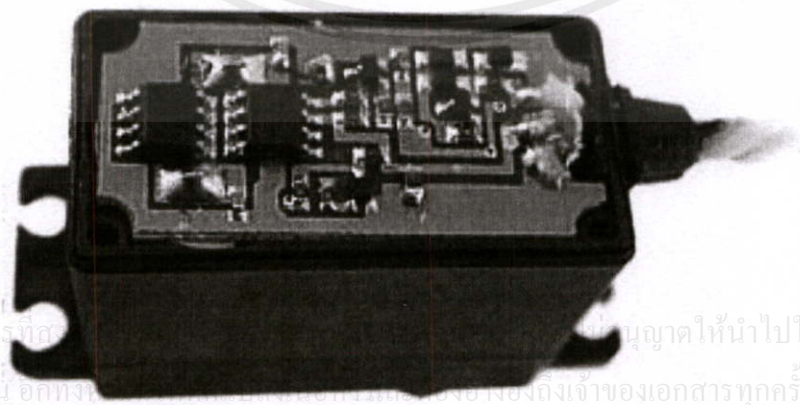
อนาล็อกเซอร์โวควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์โดยการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณ ซึ่งที่จริงแล้วแรงดันไฟฟ้า(ได้จาก รีซีฟเวอร์,วงจรลดแรงดันไฟฟ้า, หรือBEC โดยที่แรงดันอยู่ที่ 4.8-6.0 โวลท์)ที่ป้อนให้เซอร์โวนั้นมีค่าคงที่

ในการเปิดและปิดแรงดันไฟฟ้านี้โดยมาตรฐานแล้วมีความเร็วอยู่ที่ 50 รอบต่อวินาที ยิ่งความกว้างของคลื่นสัญญาณ(pulse)มีความกว้างเท่าไหร่มอเตอร์ก็จะมีความเร็วและแรงบิดมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกันกับการควบคุมความเร็วของวงจรควบคุมมอเตอร์(ESC) ซึ่งความเร็วในการในการอัพเดทสัญญาณที่ 50 รอบต่อวินาทีนั้นเท่ากับมีการอัพเดทสัญญาณ ทุกๆ 20 miliseconds ซึ่งยังไม่เร็วพอที่จะทำให้มอเตอร์มีการตอบสนองได้ดีพอและมอเตอร์ก็ยังไม่สามารถสร้างแรงบิดได้เพียงพอในการอัพเดทสัญญาณในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นปัญหาอย่างหนึ่งของเซอร์โวในระบบอนาล็อกคือไม่สามารถตอบสนองต่อสัญญาณได้เร็วพอหรือสร้างแรงบิดได้ดีพอเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมเพียงเล็กน้อยหรือเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำให้ให้ตำแหน่งของเซอร์โวเลื่อนไปจากตำแหน่งที่เซ็ตไว้ พื้นที่มีการตอบสนองของเซอร์โวทั้งความเร็วแรงบิดที่ช้าเราเรียกว่า deadband

เครื่องบินบังคับวิทยุบางประเภทโดยเฉพาะเฮลิคอปเตอร์ต้องการการตอบสนองของในการเคลื่อนที่ของเซอร์โวที่เร็วมากแม้จะเป็นการขยับสติ๊กเพียงเล็กน้อยก็ตาม เนื่องจากเป็นการบังคับของระบบโรเตอร์(ทั้งโรเตอร์หลักและโรเตอร์หาง)ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็มีผลต่อการเคลื่อนที่ของเฮลิคอปเตอร์เป็นอย่างมากและภาระกรรมที่ระบบโรเตอร์รับไว้ก็พยายามที่จะผลักหรือฉุดเซอร์โวให้ออกจากตำแหน่งที่ควบคุมไว้ตลอดเวลา และยิ่งไปกว่านั้นทั้งระบบ heading hold gyros หรือ ระบบ electronic flybarless systems ต่างก็ส่งสัญญาณนับร้อยครั้งต่อวินาทีเพื่อที่จะแก้ไขตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของระบบ

เรื่องของ deadband และการตอบสนองที่ช้าของระบบเซอร์โวแบบอนาล็อกไม่ใช่ปัญหาสำคัญกับระบบการรับรู้ของมนุษย์เนื่องจากว่าการตอบสนองนี้ยังมีความเร็วที่เพียงพอที่เราไม่สามารถรู้สึกได้หรือเป็นปัญหาต่อการควบคุม แต่ที่ต้องให้ควบสำคัญคือเมื่อเราต้องเกี่ยวข้องกับระบบไจโร, ระบบ electronic flybarless หรือเครื่องบินประเภทผาดแผลงต่างๆ (3D)ซึ่งต้องการเซอร์โวที่มีการตอบสนองที่เร็วและสร้างแรงบิดได้เพียงพอ

2.7.3.2 Digital RC Servo Operation



รูปที่ 2.19 ดิจิตอลเซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่าระหว่างเซอร์โวระบบอนาล็อกและระบบดิจิตอลแทบจะเหมือนกันทุกประการแม้กระทั่งสายไฟทั้งสามเส้นที่ต่อจากรีซีฟเวอร์ก็มีลักษณะเหมือนกันแต่สิ่งที่ต่างกันก็คือการแปลสัญญาณที่ส่งมาจากรีซีฟเวอร์แล้วส่งไปยังมอเตอร์ของเซอร์โวเท่านั้น

โดยที่เซอร์โวระบบดิจิตอลจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่ภายในตัวเซอร์โวซึ่งทำหน้าที่แปลสัญญาณที่ส่งมาจากรีซีฟและส่งเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่สูงไปยังเซอร์โวมอเตอร์ แทนที่จะเป็น 50 ครั้งต่อวินาทีเหมือนเช่นระบบอนาล็อก แต่ในระบบดิจิตอลนี้มีความถี่ในการอัพเดทสัญญาณสูงถึง 300 ครั้งต่อวินาทีซึ่งแน่นอนว่าคลื่นจะมีความยาวที่สั้นลงแต่สิ่งที่ได้คือความเร็วของมอเตอร์ที่ตอบสนองได้เร็วขึ้นอีกทั้งการให้แรงบิดที่คงที่อีกด้วย

ในบางครั้งเราอาจจะแปลกใจว่าทำไมเซอร์โวระบบดิจิตอลถึงมีเสียงแปลกๆ เมื่อมีแรงมากระทำบนแขนของเซอร์โว สิ่งที่เราได้ยินนั้นคือเสียงของคลื่นแรงดันไฟฟ้าความถี่สูงที่ส่งไปยังมอเตอร์เพื่อต้านแรงที่มากระทำ

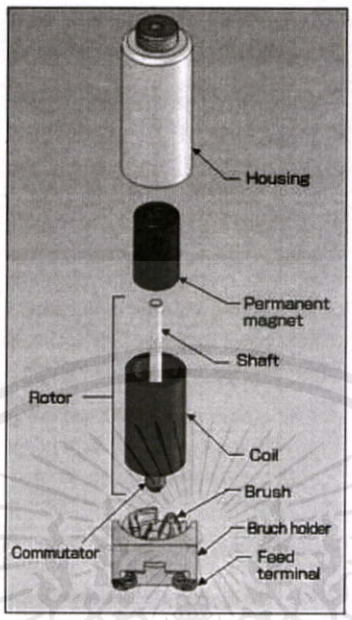
ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้คือเซอร์โวมีขนาดของ Deadband ที่เล็กลง, มีการตอบสนองที่เร็วขึ้น, มีอัตราเร่งที่ราบเรียบขึ้น และ มีรักษากำลังที่ดีขึ้นด้วย

เราลองทดสอบได้ง่ายๆคือ ลองนำเซอร์โวทั้งสองระบบมาต่อเข้ากับรีซีฟเวอร์(ที่มีไฟเลี้ยงอยู่)ตัวเดียวกันแล้วพยายามดันแขนของเซอร์โวทั้งสองตัวจากตำแหน่งที่มันอยู่ปรกติข้อแตกต่างก็คือเมื่อขยับแขนของเซอร์โวระบบอนาล็อกแขนของเซอร์โวจะขยับได้เล็กน้อยก่อนที่จะกลับมาสู่ตำแหน่งเดิมทำให้เรารู้สึกเหมือนมันสามารถดูดซับแรงได้ แต่สำหรับเซอร์โวระบบดิจิตอลเมื่อเราพยายามขยับแขนของเซอร์โวจะรู้สึกเหมือนกับว่าแขนของเซอร์โวถูกติดกาวไว้กับตัวเคสของเซอร์โวซึ่งนั่นคือการตอบสนองที่รวดเร็วและสามารถรักษาแรงบิดไว้ได้อย่างดี แต่อย่างไรก็ดีสำหรับเซอร์โวระบบดิจิตอลไม่ใช่ว่าจะมีแต่ข้อดีอย่างเดียวเพราะสิ่งที่ตามมาสำหรับการตอบสนองที่ความถี่สูงก็คือ “การกินกระแสไฟฟ้าที่มากขึ้น” กล่าวก็คือเซอร์โวระบบดิจิตอลใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าเซอร์โวระบบอนาล็อก แต่นั่นก็ไม่ใช่ปัญหาใหญ่นักในเมื่อปัจจุบันเรามีแบ็ตเตอรี่ที่พัฒนาไปมากจนมีความจุที่มากกว่าแบ็ตเตอรี่ในอดีตหลายเท่า

ในปัจจุบันเทคโนโลยีของเซอร์โวได้พัฒนาไปมากดังนั้นเราอาจจะเห็นเซอร์โวระบบอนาล็อกบางตัวมีประสิทธิภาพดีกว่าเซอร์โวระบบดิจิตอลซึ่งนั่นก็แล้วแต่การเลือกใช้งานและราคาที่เหมาะสมกับเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

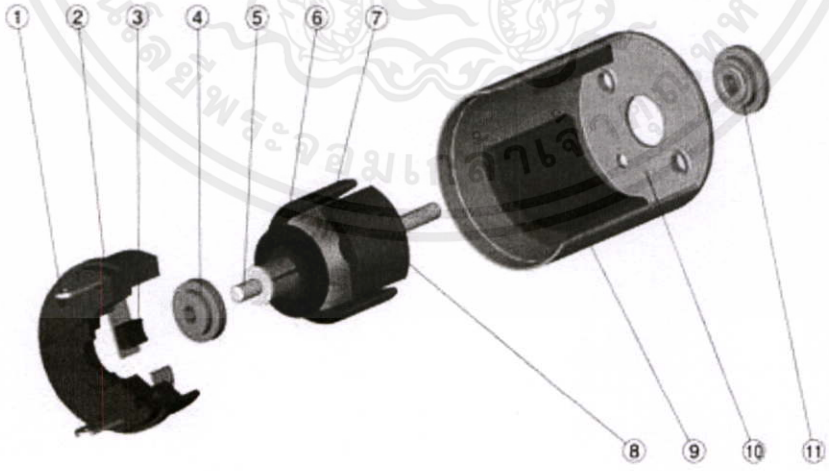
2.7.4 Coreless & Brushless Servo Motors



รูปที่ 2.20 Coreless & Brushless Servo Motors

มอเตอร์ของเซอร์โว(ทั้งอนาล็อกและดิจิตอล)จะใช้มอเตอร์แบบ 3 pole ซึ่งในบางครั้งอาจจะเพิ่มได้ถึง 5 pole ซึ่งแน่นอนว่าจำนวน pole ที่มากขึ้นจะทำให้การตอบสนองทั้งอัตราเร่งและแรงบิดที่ดีขึ้น

2.7.4.1 Coreless Servo Motors:



รูปที่ 2.21 Coreless Servo Motors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้ว มอเตอร์แบบ 3-pole จะมีแกนเหล็กซึ่งจะมีเส้นลวดทองแดงพันไว้รอบๆซึ่งแกนเหล็กนี้จะล้อมรอบด้วยแม่เหล็กถาวร ดังนั้นในการเริ่มต้นหมุน

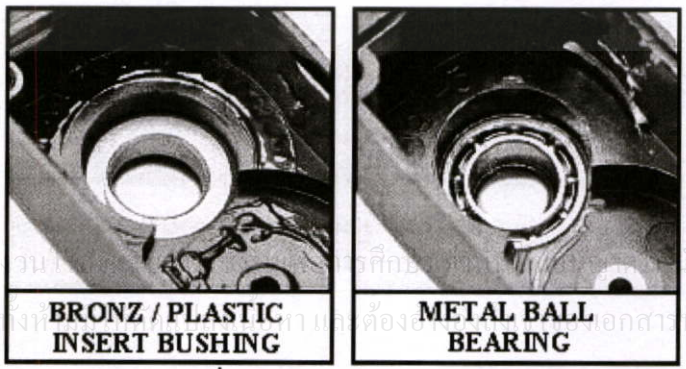
ของมอเตอร์แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปต้องทำให้เกิดแรงมากพอที่จะทำให้แกนเหล็กที่มีน้ำหนักนั้นหมุน ยิ่งถ้าแกนมีน้ำหนักมากแรงที่ใช้ในการเริ่มต้นก็ต้องมากขึ้นด้วย และในทางกลับกันหากหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์แกนเหล็กก็ยังคงหมุนต่อไปอีกด้วยแรงเฉื่อยเนื่องจากน้ำหนักของแกนเหล็ก จึงกล่าวได้ว่าสำหรับเซอร์โวที่ใช้แกนเหล็กจะเริ่มหมุนได้ช้าและหยุดได้ช้า การใช้เซอร์โวแบบไม่มีแกนเหล็ก(Coreless)จึงได้เข้ามาแทนที่ปัญหานี้ด้วยการนำแกนเหล็กออกไปโดยใช้เส้นลวดทองแดงถักเป็นตาข่ายแล้วนำไปหมุนรอบแท่งแม่เหล็ก ในการออกแบบนี้ทำให้น้ำหนักของชุดที่หมุนมีน้ำหนักน้อยลงดังนั้นจึงสามารถเริ่มการหมุนได้เร็วและหยุดได้เร็วขึ้นหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีการตอบสนองที่เร็วขึ้นนั่นเอง

2.7.4.2 Brushless Servo Motors:

ประโยชน์ของมอเตอร์ของเซอร์โวแบบไม่มีแปรงถ่าน(Brushless) ก็เช่นเดียวกับมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่านที่มีขนาดใหญ่ที่เราใช้กับเครื่องบินและเฮลิคอปเตอร์ นั่นคือไม่มีแรงเสียดสีภายในที่เกิดจากแปรงถ่าน ทำให้มีประสิทธิภาพสูงกว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นน้อยกว่า ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า การตอบสนองและการทำงานราบเรียบดีกว่าชนิดใช้แปรงถ่าน

2.7.5 RC Servo Bearings, Metal Gears

รูปที่ 2.22 Bearings



รูปที่ 2.23 Bearing & Bushing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราเลือกซื้อเซอร์โวเราจะสังเกตุคุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งที่ระบุไว้คือมีตลับลูกปืน(Bearing)อยู่ข้างในด้วยซึ่งปรกติจะมีอยู่ 1-2 อัน โดยตำแหน่งที่ติดตั้งของตลับลูกปืนคือบริเวณ output shaft ของเซอร์โวแทนที่ปลอกที่สวมไว้ไม่ให้สัมผัสกับเคสนั่นเอง

ประโยชน์ของตลับลูกปืนที่อยู่ในเซอร์โวก็เช่นเดียวกันกับตลับลูกปืนที่ใช้ในเฮลิคอปเตอร์นั่นก็คือการลดแรงเสียดทานระหว่างส่วนที่หมุนได้กับส่วนที่อยู่กับที่ในที่นี้คือระหว่าง output shaft กับตัวเคสของเซอร์โว ยิ่งถ้าแขนของเซอร์โวรับแรงมากเท่าไหร่แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นก็จะมากขึ้นไปด้วย ดังนั้นเซอร์โวที่มีตลับลูกปืนอยู่ภายในจึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการใช้งานเซอร์โวที่ต้องรับแรงมากอีกทั้งยังช่วยลดการโกงงอของ output shaft ซึ่งเกิดจากโมเมนต์ของแรงที่กระทำกับ output shaft โดยมีจุดหมุนอยู่ที่บริเวณแกนหมุนสำผัสกับตัวเคสของเซอร์โวอีกด้วย ดังนั้นหากมีการใช้ตลับลูกปืนถึงสองอันแล้วนอกจากจะทำให้แรงเสียดทานบริเวณนั้นน้อยลงยังทำให้โมเมนต์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่น้อยลงด้วย

Metal Gears & Metal Output Shafts:

ชนิดของเฟืองก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการเลือกเซอร์โวซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภทหลักๆคือ

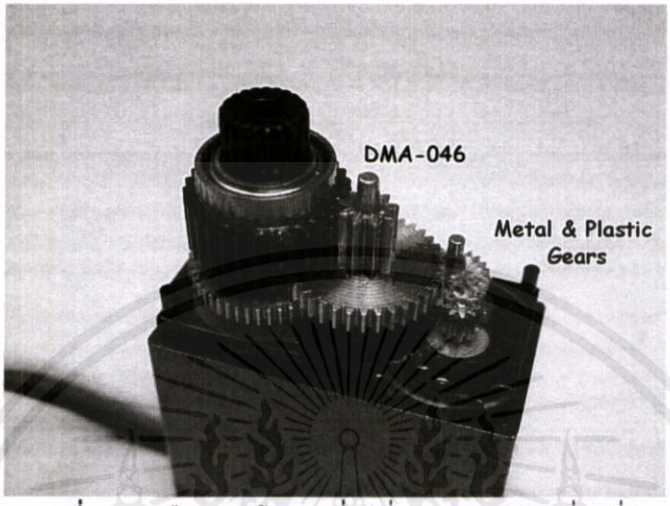
รูปที่ 2.24 เฟืองชนิดพลาสติก

Nylon หรือที่เรียกกันว่าเฟืองพลาสติกซึ่งแน่นอนว่าความแข็งแรงนั้นค่อนข้างน้อยแต่ประโยชน์คือมีน้ำหนักน้อยทำให้ตอบสนองได้ไวกว่าเฟืองที่มีน้ำหนักมาก

รูปที่ 2.25 เฟืองชนิดโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Metal หรือที่เรียกกันว่าเฟืองโลหะซึ่งจะให้ความแข็งแรงที่มากกว่าแต่ก็แลกมาด้วยน้ำหนักที่มากและมีการตอบสนองช้ากว่าโลหะที่ใช้ส่วนใหญ่ก็เป็นทองเหลืองแต่สำหรับเครื่องบินบางแบบที่ต้องการน้ำหนักเบาด้วยก็อาจจะทำจากไททาเนียม



รูปที่ 2.26 เฟืองผสมโลหะครึ่งหนึ่งและพลาสติกครึ่งหนึ่ง

Metal ½ หรือ Nylon ½ นั่นคือมีการผสมระหว่างเฟืองโลหะครึ่งหนึ่งและเฟืองพลาสติกครึ่งหนึ่งเพื่อเป็นการเอาข้อดีของแต่ละแบบมาผสมกันแต่นั่นก็ขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยส่วนมากส่วนที่เป็นโลหะจะอยู่ด้านบนหรือส่วน output shaft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการเตรียมการ

3.1.1 การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบ GPS

ศึกษาการทำงาน ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบ GPS และ หลักการการทำงานของโมดูลเครื่องรับ GPS

3.1.2 การศึกษาทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ

ศึกษาทฤษฎี หลักการ และการทำงานของ Bluetooth Module, Microcontroller, H-brid Module, Digital Compass, GPS Receiver, Ultrasonic Sensor

3.1.3 การเตรียมอุปกรณ์ และการทดสอบอุปกรณ์

จัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการควบคุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.1.4 การออกแบบ และสร้างโมเดลรถ

ออกแบบ ปรับแต่งโมเดลรถ เพื่อเตรียมไว้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

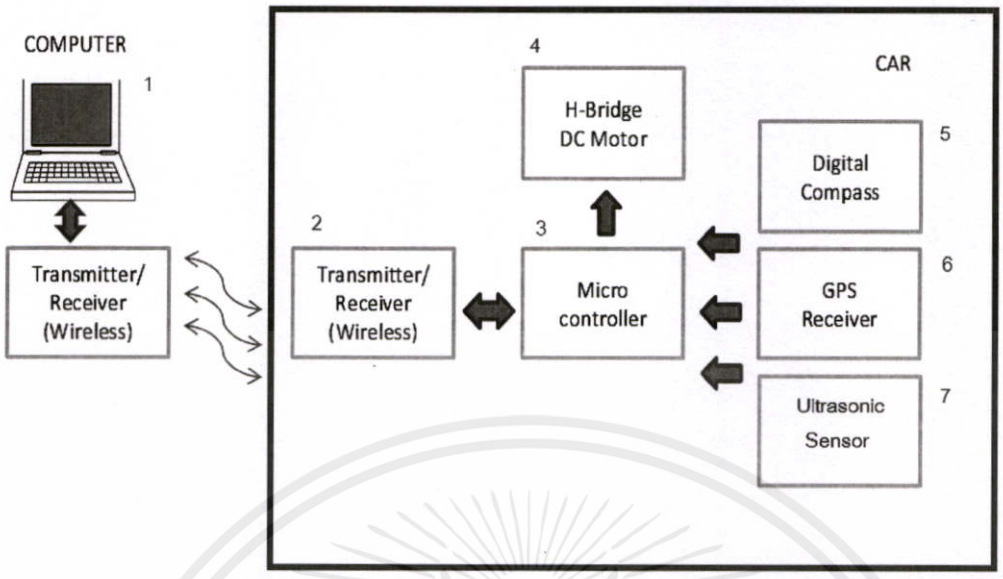
3.1.5 การเตรียมการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C ในรูปแบบของ Arduino

ศึกษาตัวแปรพื้นฐาน รวมไปถึงคำสั่งต่างๆของตัวโปรแกรม

3.2 โครงสร้างการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบนี้ เป็นการนำเอาเทคโนโลยี GPS เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อสั่งงานให้รถสามารถเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งเป้าหมายที่เราต้องการได้ โดยเริ่มต้นจะมีการส่งพิกัดจุดหมายที่เราต้องการไปยัง microcontroller ด้วย การส่งผ่าน Bluetooth เมื่อ microcontroller รับค่าพิกัดของเป้าหมายแล้ว จากนั้น microcontroller จะรับค่าพิกัดปัจจุบันของรถจาก GPS reciever โดยรับเอาชุดข้อมูลที่เป็น GGA มาทำการตัดเอาเฉพาะละติจูด และลองจิจูด หลังจากนั้นพิกัดทั้งสองจะถูกคำนวณหาทิศทางและเปรียบเทียบกับ Digital compass ที่ติดไว้กับตัวรถ เพื่อบอกทิศทางของหน้ารถ เพื่อที่จะวิ่งไปยังเป้าหมาย เมื่อคำนวณเสร็จจะได้ทิศทางของเป้าหมาย จากนั้นรถจะหันหน้าไปยังทิศทางที่ถูกคำนวณได้ หลังจากนั้น microcontroller จะสั่ง H Bride Module ให้ควบคุมมอเตอร์ เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา หรือเดินหน้า ตามแต่โปรแกรม เมื่อวิ่งไปรถก็จะรับค่า GPS มาตลอดเวลา แล้วนำมาเช็คพิกัดเป็นระยะๆ และคำนวณหาทิศทางไปหาเป้าหมายเรื่อยๆ รถจะหยุดเมื่อถึงเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 Block Diagram ภาพรวมของกระบวนการทำงาน

ส่วนที่ 1 คือ Computer

ทำหน้าที่ รับข้อมูล ส่งข้อมูล และแสดงผลของการทำงานผ่านหน้าจอ โดยการสื่อสารแบบอนุกรม ผ่าน Bluetooth เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่าง Computer กับ Microcontroller

ส่วนที่ 2 คือ Transmitter/Receiver (Wireless) or Bluetooth Module

ทำหน้าที่ รับส่งข้อมูลโดยการสื่อสารแบบอนุกรม ระหว่าง Computer กับ Microcontroller

ส่วนที่ 3 คือ Microcontroller

ทำหน้าที่ ประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามา และส่งสัญญาณควบคุมไปให้ H-Bridge Module เพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์

ส่วนที่ 4 คือ H-Bridge Module

ทำหน้าที่ ในการขับมอเตอร์เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของรถ

ส่วนที่ 5 คือ Digital Compass

ทำหน้าที่ ช่วยในการหาทิศของรถ เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่

ส่วนที่ 6 GPS Receiver

ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณที่รับจากดาวเทียมเพื่อแปลงเป็นระบบพิกัดบนพื้นผิวโลก หรือแปลงเป็น ค่าละติจูด ลองจิจูด เพื่อส่งข้อมูลไปยัง microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 7 Ultrasonic sensor

ทำหน้าที่ ตรวจจับสิ่งกีดขวาง แล้วส่งข้อมูลให้ Microcontroller เพื่อควบคุมรถให้หลบหลีกสิ่งกีดขวาง

3.3 หลักการคำนวณระยะทางและทิศทางของรถ

3.3.1 การคำนวณระยะทางระหว่างจุด 2 จุด

เมื่อใช้กับข้อมูลที่รับจากเครื่องรับ GPS เป็นแบบองศาทศนิยม แปลง ละติจูด ลองจิจูด ให้เป็นหน่วย Radians มีวิธีการคำนวณได้ดังนี้

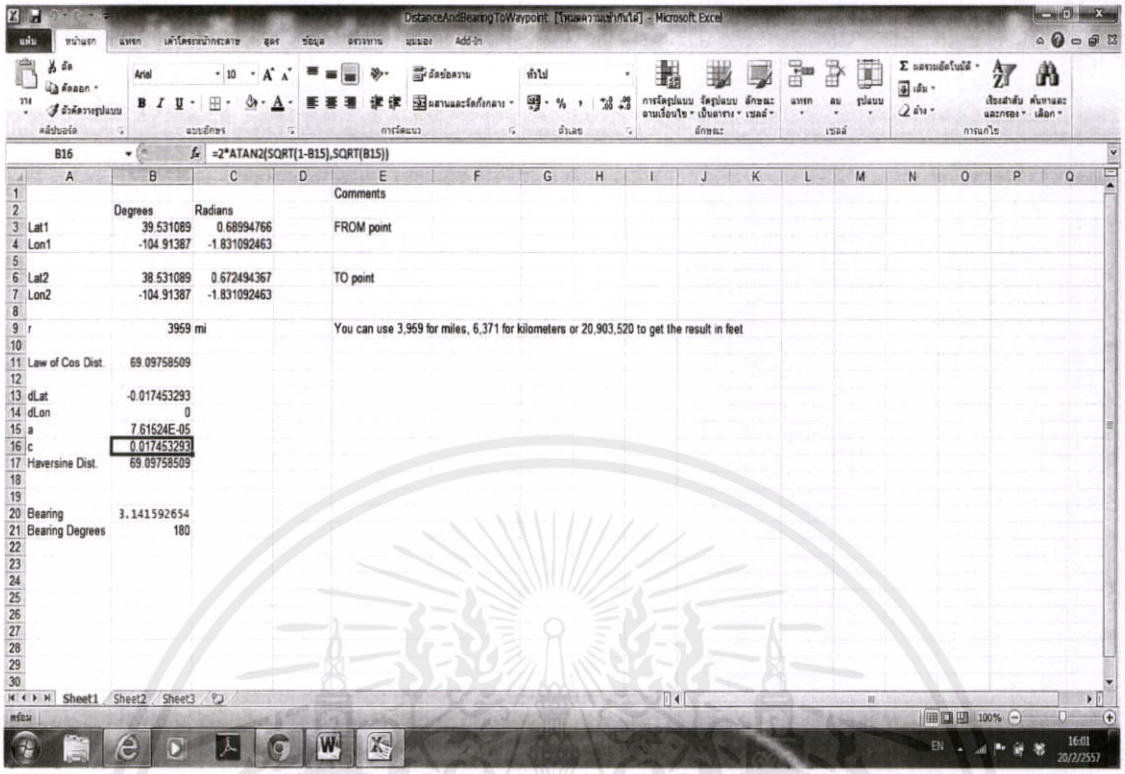
lat1 = latitude1 * Pi /180
lat2 = latitude2 * Pi /180
lon1 = longitude * Pi /180
lon2 = longitude * Pi /180
dLat = lat2 – lat1
dLon = lon2 = lon1
a = (sin(dlat/2))^2+cos(lat1)*cos(lat2)*(sin(dlon/2))^2
c=2*(atan2(sqrt(1-a), sqrt(a))
Distance = r * c
เมื่อ r คือรัศมีโลก มีค่าประมาณ 6,371 กิโลเมตร

3.3.2 การคำนวณหา Bearing ระหว่างจุด 2 จุด

เมื่อใช้ข้อมูลที่รับจากเครื่องรับ GPS เป็นแบบองศาทศนิยม แปลง ละติจูด ลองจิจูด ให้เป็นหน่วย Radians มีวิธีการคำนวณได้ดังนี้

lat1 = latitude1 * Pi /180
lat2 = latitude2 * Pi /180
lon1 = longitude * Pi /180
lon2 = longitude * Pi /180
Bearing = MOD(ATAN2((COS(lat1)*SIN(lat2))-(SIN(lat1)*COS(lat1)*COS(lon2-lon1)), SIN(lon2-lon1)*COS(lat2)),2*PI())
Bearing Degree = Bearing*180 / Pi

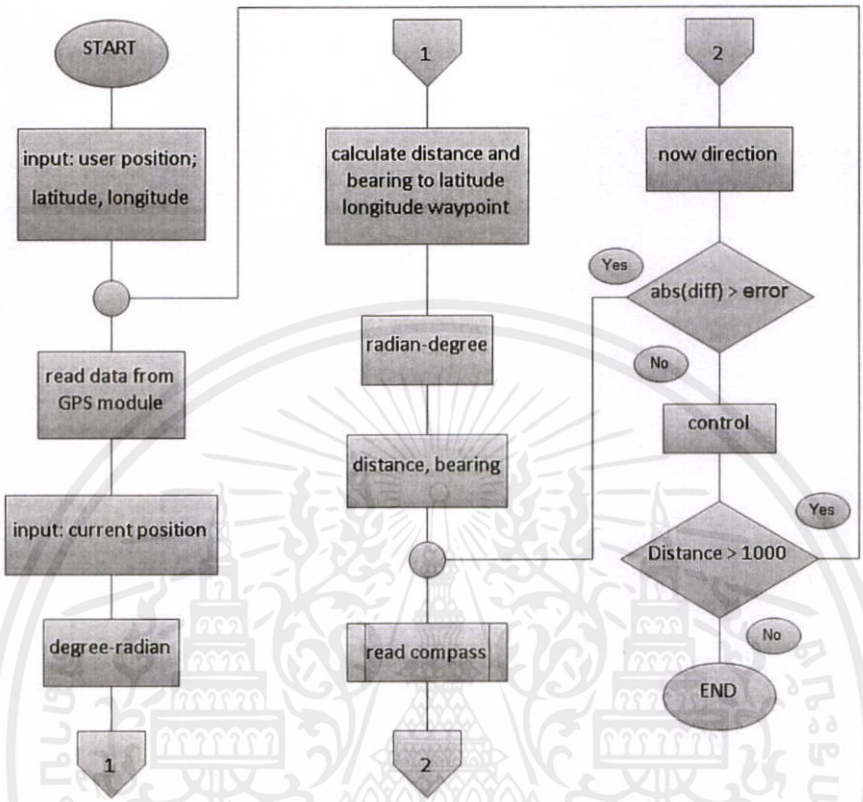
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างค่าที่ได้จากการคำนวณหาระยะทางและทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

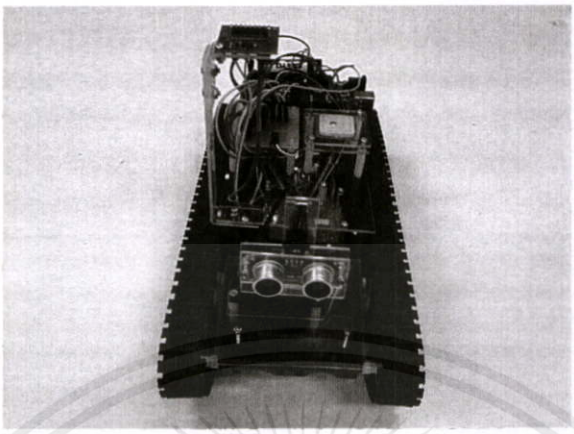
3.4 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.3 แสดงโฟลชาร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

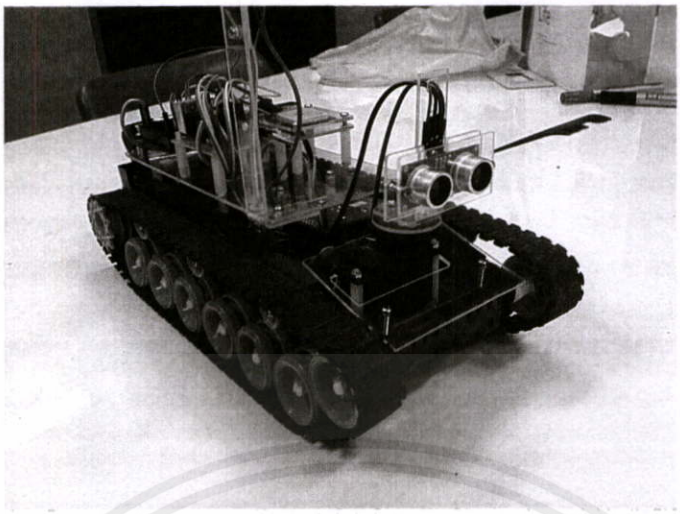
3.5 การออกแบบและสร้างโมเดลรถ



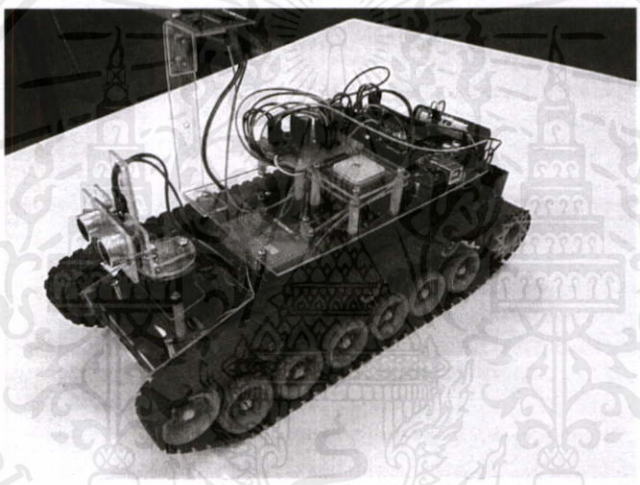
(ก.) รูปแสดงด้านหน้าของรถ

(ข.) รูปแสดงด้านหลังของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค.) รูปแสดงด้านขวาของรถ



(ง.) รูปแสดงด้านซ้ายของรถ

รูปที่ 3.4 แสดงการสร้างและการออกแบบโมเดลรถ
(ก.) รูปแสดงด้านหน้าของรถ
(ข.) รูปแสดงด้านหลังของรถ
(ค.) รูปแสดงด้านขวาของรถ
(ง.) รูปแสดงด้านซ้ายของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. โวลต์มิเตอร์
2. เพาเวอร์ซัพพลาย
3. ไขควง
4. เครื่องบัดกรี
5. ตะกั่วบัดกรี
6. สายไฟ
7. สว่าน
8. นอต
9. คีม
10. แผ่นทองแดง
11. แผ่นอะครีลิค

3.7 การจัดเก็บผลการทดลอง

ผลการทดลองจะแสดงผลในรูปของตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด ของตำแหน่งที่รถเคลื่อนที่ผ่าน แสดงระยะทางที่ห่างระหว่างตัวรถกับตำแหน่งเป้าหมาย และทิศทางที่รถเคลื่อนที่ โดยแสดงผลผ่านทาง Serial Monitoring ของโปรแกรม Arduino IDE หรือโปรแกรมอื่นๆที่สามารถรับค่าผ่านทาง Bluetooth ได้อีกด้วย เช่น โปรแกรม Bluetooth SPP Pro บนโทรศัพท์แบบ Android

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะพบว่า รถสามารถเคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่กำหนด และเคลื่อนที่ไปตามจุดหมายที่กำหนดได้ แต่ผลที่ได้ไม่แม่นยำมากนัก เนื่องจากเกิดจากความผิดพลาดของตัวรับ GPS เอง ผลที่ได้คือ รถสามารถวิ่งไปยังพิกัดเป้าหมายซึ่งได้รับข้อมูลมาจากคอมพิวเตอร์แบบไร้สายผ่านทาง Bluetooth โดยใช้ microcontroller ในการคำนวณหาระยะทางและทิศทาง เมื่อคำนวณเสร็จก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปยัง H-Bridge Module เมื่อควบการคุมมอเตอร์ต่อไป เมื่อรถวิ่งไปก็จะเช็คค่าว่าถึงเป้าหมายที่กำหนดแล้วหรือยัง ถ้าถึงเป้าหมาย รถก็จะหยุด แต่ถ้ายังไม่ถึงก็จะไปรับค่า GPS เพื่อมาคำนวณหาทิศทางต่อไปจนถึงเป้าหมายที่กำหนด

4.1 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม

4.1.1 การทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของการจอดโดยกำหนดจุดเริ่มต้นและเป้าหมายให้คงที่

4.1.1.1 การทดลองที่ 1

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นของจุดปล่อยรถ คือ พิกัด
   Latitude: 13.726033333 N
   Longitude: 100.774132 E
2. กำหนดพิกัดเป้าหมายให้รถเคลื่อนที่ไป คือ พิกัด
   Latitude: 13.7259257755 N
   Longitude: 100.7738571166 E
3. ปล่อยรถจากจุดเริ่มต้นแล้วให้วิ่งไปยังเป้าหมายที่ต้องการ บันทึกผล

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่รถหยุดห่างจากเป้าหมาย

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดง พิกัดที่กำหนดจุดเริ่มต้น และจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 1

point	Latitude	Longitude
start	13.726033333	100.774132
end	13.7259258	100.7738571

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 1

point	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่5
Distance error	0.85 m	1.95 m	0.73 m	4.20 m	3 m
Latitude	13.7259350	13.7259398	13.7259312	13.7259331	13.7259350
Longitude	100.7738495	100.7738495	100.7738495	100.7738495	100.7738495

4.1.1.2 การทดลองที่ 2

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นของจุดปล่อยรถ คือ พิกัด
   Latitude: 13.726033333 N
   Longitude: 100.774132 E
2. กำหนดพิกัดเป้าหมายให้รถเคลื่อนที่ไป คือ พิกัด
   Latitude: 13.726023674 N
   Longitude: 100.7738494873 E
3. ปล่อยรถจากจุดเริ่มต้นแล้วให้วิ่งไปยังเป้าหมายที่กำหนด บันทึกผล
4. ทำการทดลอง 5 ครั้ง

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่รถหยุดห่างจากเป้าหมาย

ตารางผลการทดลอง

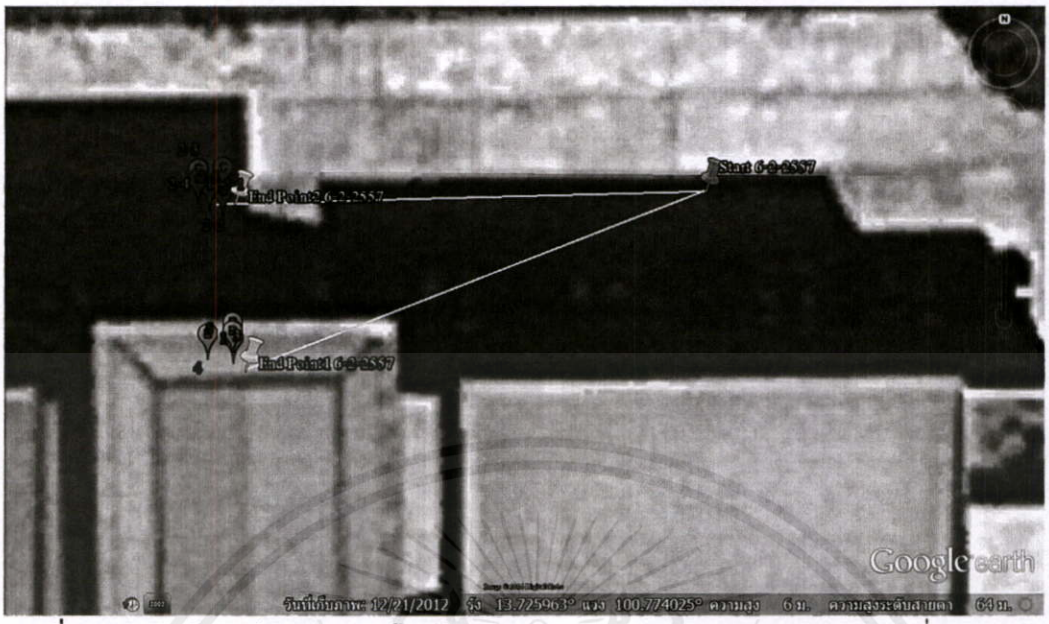
ตารางที่ 4.3 แสดง พิกัดที่กำหนดจุดเริ่มต้น และจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 2

point	Latitude	Longitude
start	13.726033333	100.774132
end	13.726023674	100.7738494873

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 2

point	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่4	ครั้งที่ 5
Distance error	2.48 m	0.95 m	4.7 m	0.6 m	1.92 m
Latitude	13.7260313	13.7260170	13.7260303	13.7260199	13.7260237
Longitude	100.7738419	100.7738419	100.7738266	100.7738342	100.7738266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 1 และ 2

4.1.2 การทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของจุดจอดโดยกำหนดจุดเป้าหมายให้คงที่

4.1.2.1 การทดลองที่ 3

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นของรถ โดยเลือกพิกัดตามสะดวก
2. กำหนดพิกัดเป้าหมายให้รถเคลื่อนที่ไป คือ พิกัด
   Latitude: 13.7260084
   Longitude: 100.7739716
3. ปล่อยรถจากจุดเริ่มต้นแล้วให้วิ่งไปยังเป้าหมายที่กำหนด บันทึกผล 5 ครั้ง
4. เลือกพิกัดเริ่มต้นใหม่ ทำการทดลองตามข้อที่ 1-4
5. เราไม่กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นที่แน่นอน แต่กำหนดจุดพิกัดจอดที่แน่นอน

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่รถหยุดห่างจากเป้าหมาย

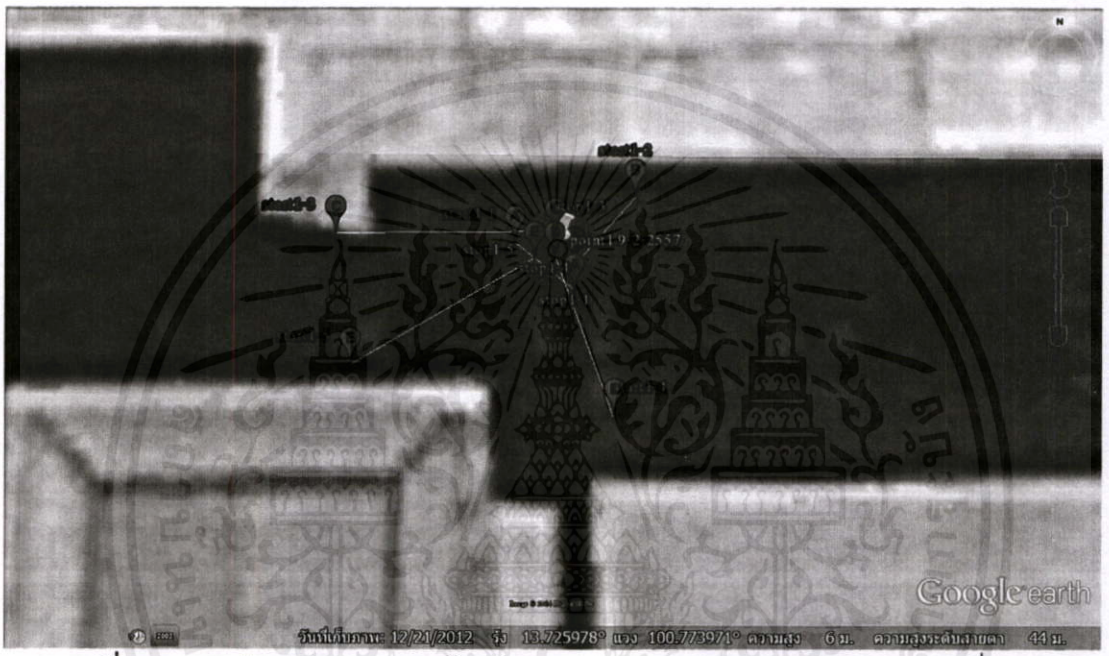
ตารางที่ 4.5 แสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 3

point	latitude	longitude
	13.7260084	100.7739716

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 3

point	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
Start latitude	13.7260103	13.7260284	13.7260132	13.7259464	13.7259636
Startlongitude	100.773956	100.774002	100.773887	100.773994	100.773895
stop latitude	13.7259998	13.7260017	13.7260132	13.7260036	13.7260036
stop longitude	100.7739792	100.7739792	100.7739716	100.773971	100.773963
distance error	4.10 m	3.6m	6.0m	4.0m	1.2m



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 3

4.1.2.2 การทดลองที่ 4

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นของรถ โดยเลือกพิกัดตามสะดวก
2. กำหนดพิกัดเป้าหมายให้รถเคลื่อนที่ไป คือ พิกัด

   Latitude: 13.7259817

   Longitude: 100.7739563
3. ปล่อยรถจากจุดเริ่มต้นแล้วให้วิ่งไปยังเป้าหมายที่กำหนด บันทึกผล 5 ครั้ง
4. เลือกพิกัดเริ่มต้นใหม่ ทำการทดลองตามข้อที่ 1-4
5. เราไม่กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นที่แน่นอน แต่กำหนดจุดพิกัดจอดที่แน่นอน

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่รถหยุดห่างจากเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 4

point	latitude	longitude
	13.7259817	100.7739563

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 4

point	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
start latitude	13.7259016	13.7260370	13.7260265	-	13.7260046
start longitude	100.7740173	100.7738953	100.7739868	-	100.7740097
stop latitude	13.7259846	13.7259779	13.7259798	-	13.7259903
stop longitude	100.7739563	100.7739487	100.7739563	-	100.7739487
distance error	0.1m	1.2m	2.95m	error	0.66m

รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 4

4.1.2.3 การทดลองที่ 5

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นของรถ โดยเลือกพิกัดตามสะดวก
2. กำหนดพิกัดเป้าหมายให้รถเคลื่อนที่ไป คือ พิกัด

   Latitude: 13.7260313

   Longitude: 100.7738266
3. ปล่อยรถจากจุดเริ่มต้นแล้วให้วิ่งไปยังเป้าหมายที่กำหนด บันทึกผล 5 ครั้ง
4. เลือกพิกัดเริ่มต้นใหม่ ทำการทดลองตามข้อที่ 1-4
5. เราไม่กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นที่แน่นอน แต่กำหนดจุดพิกัดจอดที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

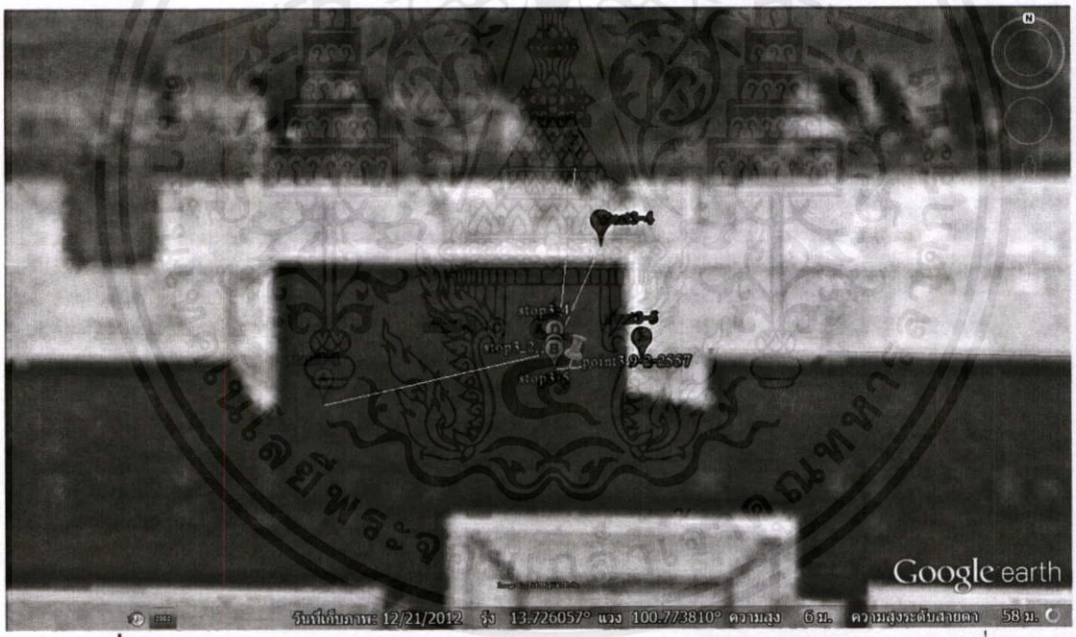
1. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่รถหยุดห่างจากเป้าหมาย

ตารางที่ 4.9 แสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 5

point	latitude	longitude
	13.7260313	100.7738266

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 5

point	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
start latitude	13.7260103	13.7261362	13.7260380	13.7260952	13.7260351
start longitude	100.773696	100.773826	100.7737885	100.7738419	100.7738647
stop latitude	13.7260380	13.7260284	13.7260399	13.7260380	13.7260313
stop longitud	100.773811	100.773819	100.773819	100.773819	100.773819
distance error	4.27m	3.8m	4.02m	6.4m	5.17m



รูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 5

4.1.2.4 การทดลองที่ 6

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นของรถ โดยเลือกพิกัดตามสะดวก
2. กำหนดพิกัดเป้าหมายให้รถเคลื่อนที่ไป คือ พิกัด

Latitude: 13.7226027

Longitude: 100.7738419

3. ปล่อยรถจากจุดเริ่มต้นแล้วให้วิ่งไปยังเป้าหมายที่กำหนด บันทึกผล 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือกพิกัดเริ่มต้นใหม่ ทำการทดลองตามข้อที่ 1-4
5. เราไม่กำหนดจุดพิกัดเริ่มต้นที่แน่นอน แต่กำหนดจุดพิกัดจอดที่แน่นอน

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

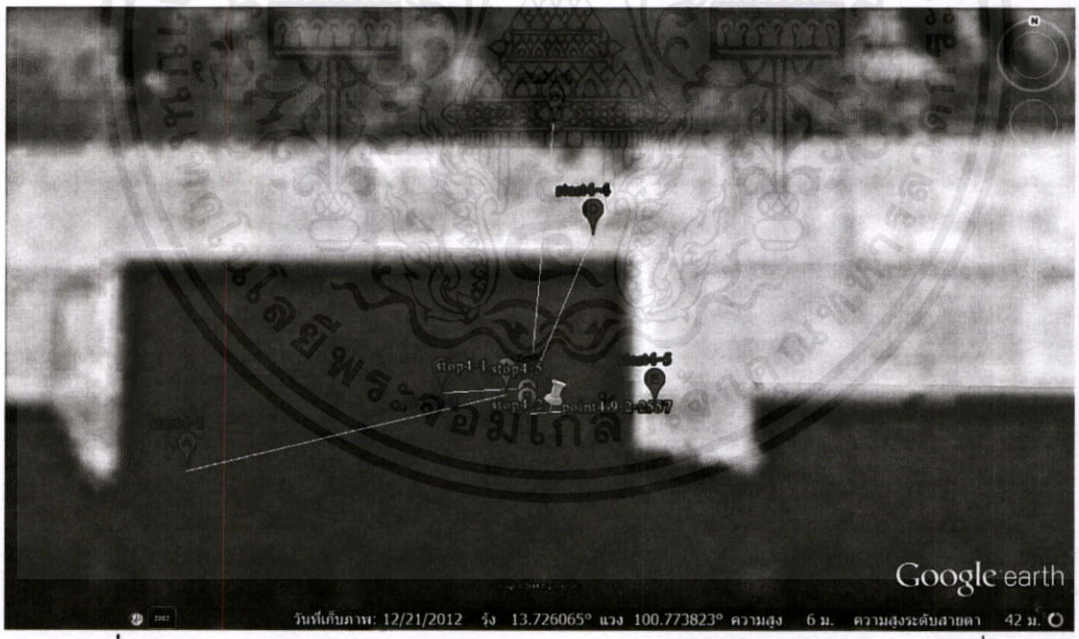
1. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่รถหยุดห่างจากเป้าหมาย

ตารางที่ 4.11 แสดงจุดพิกัดเป้าหมายของการทดลองที่ 6

point	latitude	longitude
	13.7226027	100.7738419

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองตำแหน่งที่จอดของรถของการทดลองที่ 6

point	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
start latitude	13.7260246	13.7260351	13.7260571	13.7259445	13.7260170
start longitude	100.773864	100.773826	100.7738495	100.7739029	100.7738342
stop latitude	13.7260237	13.7260246	13.7260313	13.7260284	13.7260180
stop longitud	100.773841	100.773826	100.773841	100.773841	100.773841
distance error	0.65m	1.8m	1.91m	6.1 m	4.5m



รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดลองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนความถูกต้องและความสามารถในการทำซ้ำที่จุดเดิม

4.1.3.1 การทดลองที่ 7

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดอ้างอิงเริ่มต้นของจุดปล่อยรถเป็นรูปสี่เหลี่ยม คือ พิกัด
   Point 1 Latitude: 13.7259760 Longitude: 100.7737230
   Point 2 Latitude: 13.7260360 Longitude: 100.7737210
   Point 3 Latitude: 13.7260460 Longitude: 100.7738460
   Point 4 Latitude: 13.7259760 Longitude: 100.7738530
2. ป้อนพิกัดอ้างอิงให้กับตัวรถ ให้รถวิ่งตามจุดอ้างอิงที่กำหนด 4 จุด
3. บันทึกผล
4. ทำการทดลองซ้ำ 4 รอบ

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาค่าความถูกต้องและความสามารถในการทำซ้ำได้

ตารางที่ 4.13 แสดงจุดพิกัดอ้างอิงการทดลองที่ 7

reference	Latitude	Longitude
point1	13.7259760	100.7737230
point2	13.7260360	100.7737210
point3	13.7260460	100.7738460
point4	13.7259760	100.7738530

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 1

distance (point)	Real latitude	Real longitude
start	13.7260380	100.7739563
point 1	13.7259703	100.7737274
point 2	13.7260284	100.7737274
point 3	13.7260399	100.7738266
point 4	13.7259798	100.7738495

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 2

distance (point)	Real latitude	Real longitude
start	13.7259798	100.7738495
point 1	13.7259817	100.7737274
point 2	13.7260284	100.7737274
point 3	13.7260399	100.7738342
point 4	13.7259817	100.7738495

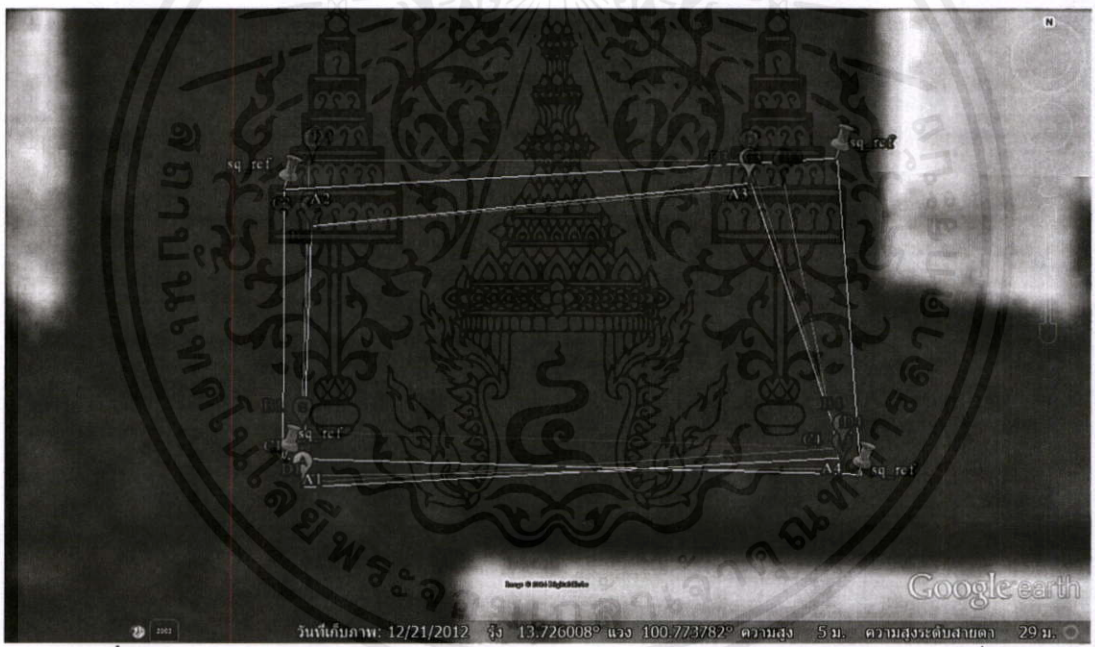
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลง เผยแพร่ และโฆษณาด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 3

distance (point)	Real latitude	Real longitude
start	13.7259817	100.7738495
point 1	13.7259731	100.7737274
point 2	13.7260265	100.7737274
point 3	13.7260399	100.7738342
point 4	13.7259779	100.7738495

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 7 รอบที่ 4

distance (point)	Real latitude	Real longitude
start	13.7259779	100.7738495
point 1	13.7259703	100.7737274
point 2	13.7260418	100.7737274
point 3	13.7260437	100.7738266
point 4	13.7259817	100.7738495



รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 7

4.1.3.2 การทดลองที่ 8

วิธีการทดลอง

1. กำหนดจุดพิกัดอ้างอิงเริ่มต้นของจุดปล่อยรถเป็นรูปสามเหลี่ยม คือ พิกัด
   จุดที่ 1 Latitude : 13.7259760 Longitude : 100.7737230
   จุดที่ 2 Latitude : 13.7260360 Longitude : 100.7737210
   จุดที่ 3 Latitude : 13.7260460 Longitude : 100.7738460
2. ป้อนพิกัดอ้างอิงให้กับตัวรถ ให้รถวิ่งตามจุดอ้างอิงที่กำหนด 3 จุด
3. ทำการทดลองซ้ำ 4 รอบ บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาค่าความถูกต้องและความสามารถในการทำซ้ำได้

ตารางที่ 4.18 แสดงจุดพิกัดอ้างอิงการทดลองที่ 8

point	Latitude	Longitude
start		
point1	13.7259640	100.7740180
point2	13.7260720	100.7741020
point3	13.7259800	100.7741780

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 1

distance (point)	Real latitude	Real longitude
Start	13.7259703	100.7738571
Point 1	13.7259731	100.7740097
Point 2	13.7260685	100.7740860
Point 3	13.7259836	100.7741776

ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 2

distance (point)	Real latitude	Real longitude
Start	13.7259836	100.7741776
Point 1	13.7259712	100.7740250
Point 2	13.7260504	100.7741013
Point 3	13.7259836	100.7741699

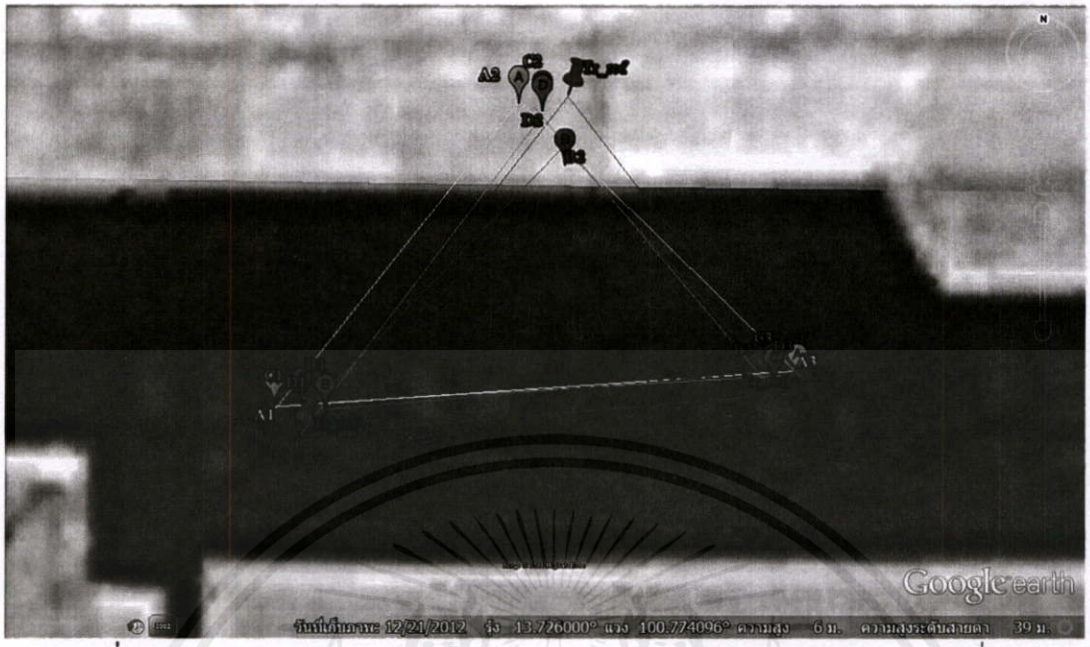
ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 3

distance (point)	Real latitude	Real longitude
Start	13.7259836	100.7741699
Point 1	13.7259731	100.7740173
Point 2	13.7260685	100.7740936
Point 3	13.7259817	100.7741699

ตารางที่ 4.22 ตารางแสดงจุดจอดของรถ การทดลองที่ 8 รอบที่ 4

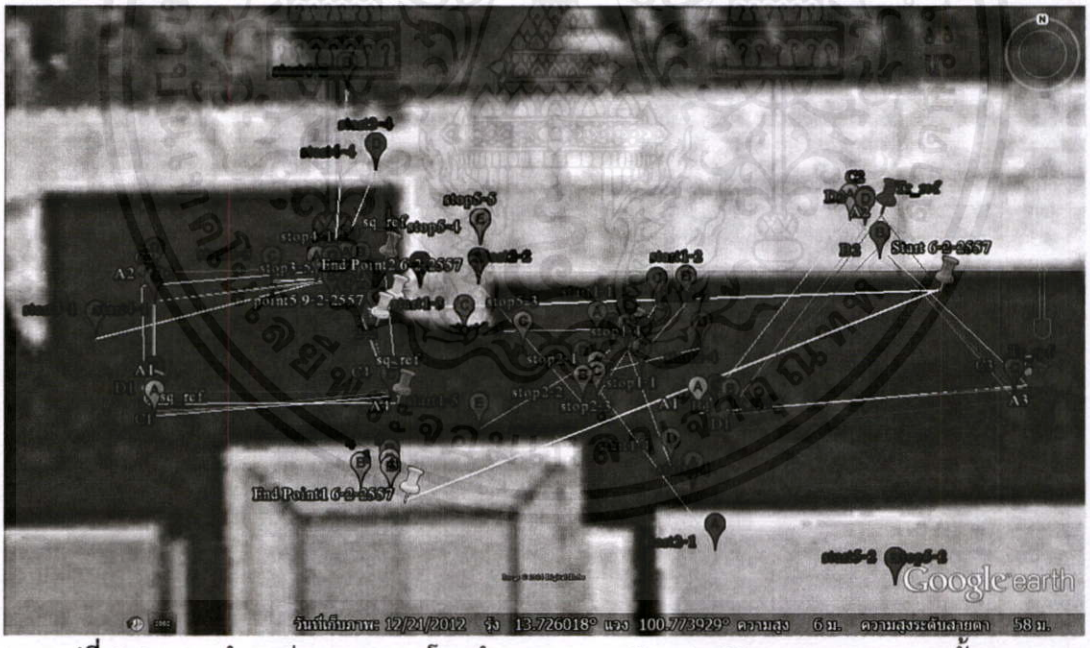
distance (point)	Real latitude	Real longitude
Start	13.7259817	100.7741699
Point 1	13.7259712	100.7740250
Point 2	13.7260666	100.7740936
Point 3	13.7259846	100.7741699

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองที่ 8

4.2 ผลการทดลองทั้งหมด



รูปที่ 4.8 แสดงตำแหน่งจอดของรถโดยกำหนดจุดบน Google Map ของการทดลองทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระบบ GPS เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานควบคุมยานยนต์ โดยการส่งค่าพิกัดที่เป็นจุดหมายให้กับยานยนต์ทางคลื่นวิทยุ และตัวในยานยนต์จะมี GPS Module เพื่อรับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมและทำการแปลงข้อมูลที่ได้นั้นออกมาเป็นพิกัด หลังจากนั้นพิกัดทั้งสองจะถูกนำมาเปรียบเทียบ เพื่อใช้ในการควบคุมยานยนต์ให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ และรถยังติดตั้งระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางอีกด้วย

การดำเนินโครงการได้มีการดำเนินงานตามแผนงานที่วางแผนไว้ คือ ได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการ มีการศึกษาการทำงานและทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ มีการออกแบบและการสร้างต้นแบบ มีการพัฒนาโปรแกรมและทดสอบการทำงาน มีการแก้ไขปัญหาที่พบในส่วนของอุปกรณ์และในส่วนของโปรแกรม

การทดลอง ผู้ทดลองได้ใช้รถจำลองแทนรถจริง เพราะรถจริงมีระบบควบคุมและระบบการขับเคลื่อนที่ซับซ้อนมาก รวมไปถึงด้านความปลอดภัย หรือความเสียหายต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ จากผลการทดลองจะพบว่ารถสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่กำหนดได้ ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับ GPS ทำให้รถไม่สามารถจอดตรงจุดที่กำหนดไว้ได้ แต่รถสามารถจอดได้ในรัศมีที่ GPS ยอมรับได้คือภายในรัศมีประมาณ 10 เมตร

5.2 ปัญหาที่พบจากการดำเนินงาน

1. ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับ GPS ทำให้รถไม่สามารถจอดตรงจุดที่กำหนดไว้ได้ แต่รถสามารถจอดได้ในรัศมีที่ GPS ยอมรับได้คือภายในรัศมีประมาณ 10 เมตร
2. ปัจจัยของสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ หรือแม้กระทั่งการเคลื่อนที่ของวงโคจรของดาวเทียมมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการทำงานของเครื่องรับ GPS

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรวางแผนการทำงานแต่ละขั้นตอนให้มีความเหมาะสม เพื่อให้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ควรใช้เครื่องรับ GPS ที่มีความแม่นยำสูงเพื่อการระบุตำแหน่ง เพื่อช่วยให้การควบคุมทิศทางและตำแหน่งของรถ เพื่อให้มีความถูกต้องและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

5.4 แนวทางการประยุกต์และพัฒนาต่อ

1. พัฒนาแบบจำลองให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น มีความแข็งแรงทนทาน และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในทุกสภาพพื้นผิว
2. พัฒนาประยุกต์ใช้ในงานเฉพาะทาง เช่น ระบบกล้องไร้สาย ระบบดักฟังการสื่อสาร เพื่อใช้งานในด้านการสอดแนม เป็นต้น
3. พัฒนาระบบควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พัฒนาระบบการสื่อสารเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกับรถแบบระยะไกลได้
5. พัฒนาระบบเพื่อให้สามารถใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เอกชัย มะการ. (2552). **เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino.** กรุงเทพมหานครฯ: อีทีที จำกัด.

พิรุณ รัชชปัญญา และสุระ จ้ายหนองบัว. 2546. "ยานควบคุมโดย GPS". ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธนันต์ ศรีสกุล, เกียรติชัย บรรลุผลสกุล และมนตรี ศิริปรัชญานันท์. 2557. **GPS**. [Online]. Available : http://wara.com/article-860.html

ไรวรรณ คีรีทอง. 2557. **ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือ Global Positioning System : GPS**. [Online]. Available : http://yingpew103.wordpress.com/2013/

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2557. **จีพีเอส**. [Online]. Available : http://th.wikipedia.org/wiki/จีพีเอส

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2557. **ระบบหาพิกัดบนพื้นโลก GPS (Global Positioning System)**. [Online]. Available : http://www.nectec.or.th/rd/electronics/be205-45/be205-45.php

arduino.cc. 2014. **Arduino Board**. [Online]. Available : http://www.arduino.cc/

Global5 Co., Ltd. 2557. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ GPS**. [Online]. Available : http://www.global5thailand.com/thai/gps.htm

Ketsara Boonsong. 2014. **Global Positioning System**. [Online]. Available : http://krunoi.chonglomschool.com/gps/doit.html

ThaiEasyElec. 2557. **โมดูล 66 Channel LS20031 GPS 5Hz Receiver**. [Online]. Available : http://www.thaieasyelec.com/Wireless-Module/GPS/66-Channel-LS20031-GPS-5Hz-Receiver.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
โปรแกรมการทำงาน

ก.1. โปรแกรม

```
#include <TinyGPS++.h>

static int sat=0;
TinyGPSPlus gps;
static float clat=0, clon=0;

void getgps(TinyGPSPlus &gps);

#include <Wire.h>
#define ADDRESS 0x60 //defines address of compass

#define motorR1 46
#define motorR2 48
#define motorL1 50
#define motorL2 52

#define forward  B000  // 0
#define backward B001  // 1
#define right    B010  // 2
#define left     B011  // 3
#define Stop     B100  // 4

#define error 10

#define degree 0
#define rad 1
#define r 6371
#define lati 0
#define lon 1
#define led_ultra 22
static int direction_user=0,direction_now=0,diff=0;
char temp_read[80];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
byte move_direction=0;
byte z=0;

byte headingData[2];
int  headingValue=0;

static int  loopN = 1;

static double
lat1=0,lon1=0,lat2=0,lon2=0,bearing=0,bearing_degree=0,dlat=0,dlon=0,a=0,c=0,
distance=0;
static double lat_user=0,lon_user=0;

double lat_lon_indegree (int var);
int read_compass ();
void control (byte x, int delay_H, int delay_L);
byte rotation (int y);
double radian_degree (byte select,double input);


#include <Servo.h>

#define echoPin 2 // Echo Pin
#define trigPin 3 // Trigger Pin
int maximumRange = 80; // Maximum range needed
int minimumRange = 0; // Minimum range needed

Servo myservo;  // create servo object to control a servo
                // a maximum of eight servo objects can be created
static long angle[3];
long microsecondsToCentimeters();  // ultrasonic function
void avoidance();

void setup ()
{
  pinMode (motorL1, OUTPUT);
  pinMode (motorL2, OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode (motorR1, OUTPUT);
  pinMode (motorR2, OUTPUT);
  pinMode (led_ultra,OUTPUT);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  myservo.attach(4);  // attaches the servo on pin 8 to the servo object

  Serial1.begin (9600);   //Bluetooth
//  Serial.begin (9600);
  Serial2.begin (9600);  //GPS

  Wire.begin(); //conects I2C
  delay(1000);
  Serial1.println("\t          ********* Welcome boss *************  ");
  Serial1.println("\t         ******** I'm GPS Bot Prototype ********* ");
  Serial1.println("\t       ******** GPS Compass Controlled Robot ****** ");
  Serial1.println("\t     ********* Function close BETA 2.4 ************** ");
  Serial1.println("\t   ******** Software developed by Bana2Squid ********** ");
  Serial1.println("\t ********** ::: Please enter Input Position ::: ********** \n");
}
void loop ()
{
   Serial1.print("Enter user latitude: ");
    while (!(Serial1.available() > 0))
      {
      }
      String str_read = Serial1.readString ();
      str_read.toCharArray(temp_read,80);
      lat_user = atof(temp_read);
      Serial1.print(lat_user,10);
      Serial1.println(" Degree \n");

    Serial1.print("Enter user longitude: ");
    while (!(Serial1.available() > 0))
      {
      }
      String str_read1 = Serial1.readString ();
      str_read1.toCharArray(temp_read,80);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีการอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    lon_user = atof(temp_read);
    Serial1.print(lon_user,10);
    Serial1.println(" Degree \n");

 while (1)
 {
   avoidance();
//------------------------- Reading data from GPS ----------------------------------//
 Serial1.println("\\---- STEP1 : GPS Read ----// \n");

while (sat < 4)
  {
    while(Serial2.available())
    {
       int c = Serial2.read();
       if(gps.encode(c))
       {
         getgps(gps);
       }
    }
  }

  sat=0;

//-------Configure parameters----------------//
  lat1=clat;
  lon1=clon;
  lat2=lat_user;
  lon2=lon_user;

  lat1=radian_degree (degree,clat);
  lon1=radian_degree (degree,clon);
  lat2=radian_degree (degree,lat_user);
  lon2=radian_degree (degree,lon_user);
  dlat = lat2 - lat1;
  dlon = lon2 - lon1;
//---------------user interface ---------------//
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial1.println("***** Current Position (in degree) ***** ");
    Serial1.print("Latitude : ");
    Serial1.print(clat,10);
    Serial1.println(" degree");
    Serial1.print("Longitude : ");
    Serial1.print(clon,10);
    Serial1.println(" degree");
    Serial1.println("***** Current Position (in radian) ***** ");
    Serial1.print("Latitude : ");
    Serial1.println(lat1,10);
    Serial1.print("Longitude : ");
    Serial1.println(lon1,10);
    Serial1.print("\n");

    Serial1.println("***** User Position (in degree) ***** ");
    Serial1.print("Latitude : ");
    Serial1.print(lat_user,10);
    Serial1.println(" Degree");
    Serial1.print("Longitude : ");
    Serial1.print(lon_user,10);
    Serial1.println(" Degree \n");
    Serial1.println("***** User Position (in radian) ***** ");
    Serial1.print("Latitude : ");
    Serial1.println(lat2,10);
    Serial1.print("Longitude : ");
    Serial1.println(lon2,10);
    Serial1.print("\n");
 //------- bearing waypoint and distance ----------//
    Serial1.println("\\---- STEP2 : Calculated ----// \n");    //calculated
    bearing=atan2( sin(lon2-lon1)*cos(lat2), ( (cos(lat1)*sin(lat2)) -
(sin(lat1)*cos(lat2)*cos(lon2-lon1)) ) );
    bearing_degree=radian_degree (rad,bearing);
    bearing_degree=fmod((bearing_degree+360),360);
    Serial1.print("Bearing in rad: ");
    Serial1.println(bearing,10);
    Serial1.print("Bearing in degree: ");
    Serial1.print(bearing_degree,10);
    Serial1.println(" degree");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    a = pow(sin(dlat/2),2)+(cos(lat1)*cos(lat2)*pow(sin(dlon/2),2));
    c=2*( atan2( sqrt(a),sqrt(1-a) ) );
    distance = r * c;
    Serial1.print("Distance to position : ");
    Serial1.print(distance,10);
    Serial1.println(" km");
    Serial1.print("\n");


//---------------------------------------- move to position--------------------------------//
  if (distance > 0.001)
  {
//------------move direction----------------------//
    Serial1.println("\\---- STEP3 : Rotational ----// \n");
    direction_now = read_compass();
    Serial1.print("Now direction: ");
    Serial1.print(direction_now);
    Serial1.println(" Degree");
    direction_user = bearing_degree;
    diff = direction_user - direction_now;
    while (abs(diff)>error && abs(diff) < (360-error) )
      {
         move_direction = rotation(diff);
         control (move_direction, 5, 0);
         direction_now = read_compass();
         diff = direction_user - direction_now;
         if (abs(diff) <= error || abs(diff) >= (360-error) )
         {
           control (Stop, 120, 120);
           direction_now = read_compass();
           diff = direction_user - direction_now;
         }
      }


    Serial1.println("\\---- STEP4 : Move ----// \n");
    avoidance();
    control (forward, 50, 0);        // go straight
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//     control (Stop,30 ,30);
    }
    else
    {
      control (Stop,50 ,50);
      Serial1.println("***** Final Position ***** ");
      Serial1.print("Latitude : ");
      Serial1.print(clat,10);
      Serial1.println(" Degree");
      Serial1.print("Longitude : ");
      Serial1.print(clon,10);
      Serial1.println(" Degree \n");
      Serial1.print("Loop No.");
      Serial1.println(loopN);
      loopN = 1;
      break;
    }

    Serial1.print("Loop No.");
    Serial1.println(loopN);
    loopN++;
  }
}
int read_compass ()
{
  Wire.beginTransmission(ADDRESS);      //starts communication with cmps03
  Wire.write(2);                        //Sends the register we wish to read
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(ADDRESS, 2);         //requests high byte
  int i = 0;
  while(Wire.available() && i < 2)
  {
    headingData[i] = Wire.read();
    i++;
  }
    headingValue = (headingData[0]*256 + headingData[1])/10;  // Put the MSB
and LSB together
    return headingValue;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
void control (byte x, int delay_H, int delay_L)
{
 if (x == forward)
 {
  digitalWrite (motorL1,LOW);
  digitalWrite (motorL2,HIGH);
  digitalWrite (motorR1,LOW);
  digitalWrite (motorR2,HIGH);
  delay(delay_H);
 }
 else if (x == backward)
 {
  digitalWrite (motorL1,HIGH);
  digitalWrite (motorL2,LOW);
  digitalWrite (motorR1,HIGH);
  digitalWrite (motorR2,LOW);
  delay(delay_H);
 }
 else if (x == left)
 {
  digitalWrite (motorL1,HIGH);
  digitalWrite (motorL2,LOW);
  digitalWrite (motorR1,LOW);
  digitalWrite (motorR2,HIGH);
  delay(delay_H);
 }
 else if (x == right)
 {
  digitalWrite (motorL1,LOW);
  digitalWrite (motorL2,HIGH);
  digitalWrite (motorR1,HIGH);
  digitalWrite (motorR2,LOW);
  delay(delay_H);
 }
 else if (x == Stop)
 {
  digitalWrite (motorL1,LOW);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite (motorL2,LOW);
    digitalWrite (motorR1,LOW);
    digitalWrite (motorR2,LOW);
    delay(delay_H);
  }
  if (delay_L != 0)
  {
    digitalWrite (motorL1,LOW);
    digitalWrite (motorL2,LOW);
    digitalWrite (motorR1,LOW);
    digitalWrite (motorR2,LOW);
    delay(delay_L);
  }
}
byte rotation (int y)
{
  if ( (y>error && y<=180) || (y<(-1*error) && y <= -180) )
  {
    z = right;
  }
  else if ( (y>error && y>180) || (y<(-1*error) && y > -180) )
  {
    z = left;
  }
  else
  {
    z = Stop;
  }
  return z;
}
double radian_degree (byte select,double input)
{
  double ans=0;
  if (select == rad)
  {
    ans=(input*180)/PI;
  }
  else if (select == degree)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
    ans=(input*PI)/180;
  }
  return ans;
}
void getgps(TinyGPSPlus &gps)
{
  clat=gps.location.lat();
  clon=gps.location.lng();
  sat=gps.satellites.value();
}

void avoidance()
{
  int g=0;
  angle[1] = microsecondsToCentimeters();
  if (angle[1] <= maximumRange)
  {
     control(Stop,50,50);
  }
  while (angle[1] <= maximumRange)
  {
    for (int j=90;j<180;j+=1)
    {
      myservo.write(j);
      delay(10);
    }
    angle[0] = microsecondsToCentimeters();
    for (int j=180;j>=1;j-=1)
    {
      myservo.write(j);
      delay(10);
    }
    angle[2] = microsecondsToCentimeters();
    for (int j=0;j<90;j+=1)
    {
      myservo.write(j);
      delay(10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    if ( angle[0] > angle[2] )  // right collision detect
    {
      control (left, 500, 5);
    }
    else
    {
      control (right, 500,5);
    }
    angle[1] = microsecondsToCentimeters();
    g=1;
  }
  if (g == 1)
  {
     control(forward,1000,5);
  }
  g=0;
}
long microsecondsToCentimeters()
{
  long duration=0, distanceu=0;
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distanceu = duration/58.2;
//  Serial.print("Distance ultrasonic: ");
//  Serial.print(distanceu);
//  Serial.println(" cm");
  if (distanceu == 0)
  {
    Serial1.println ("Ultrasonic Error /n");
    digitalWrite(led_ultra,HIGH);
  }
  else
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(led_ultra,LOW);
  }
  return distanceu;
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้