มัลติโรเตอร์สำหรับการวัดระยะไกล

MULTIROTOR FOR REMOTE MEASUREMENT

จักรพัชร หงส์เลิศสกุล

ฐิติวัสส์ ธรรมผุย

สุวิชัย จำรัส

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

มัลติโรเตอร์สำหรับการวัดระยะไกล

MULTIROTOR FOR REMOTE MEASUREMENT

จักรพัชร หงส์เลิศสกุล

ฐิติวัสส์ ธรรมผุย

สุวิชัย จำรัส

b.00265830

i.

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTIROTOR FOR REMOTE MEASUREMENT

JACKAPAT HONGLERTSAKUL

TITIWAT THAMMAPHUI

SUVICHAI JUMRUS

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

(APPLIED PHYSICS) DEPARTMENT OF PHYSICS,

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	มัลติโรเตอร์สำหรับการวัดระยะไกล Multirotor for Remote Measurement			
ชื่อนักศึกษา	นายจักรพัชร์	หงส์เลิศสกุล	รหัสนักศึกษา	55051465
	นายฐิติวัสส์	ธรรมผุย	รหัสนักศึกษา	55051489
	นายสุวิชัย	จำรัส	รหัสนักศึกษา	55051659
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)			
ภาควิชา	ฟิสิกส์			
ปีการศึกษา	2558			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิชิต ศิริโชติ			

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุโข ประธานกรรมการ	
อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
รศ.วิชิต ศิริโชติ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ มัลติโรเตอร์สำหรับการวัดระยะไกล
ชื่อนักศึกษา นายจักรพัชร์ หงส์เลิศสกุล รหัสนักศึกษา 55051465
นายฐิติวัสส์ ธรรมผุย รหัสนักศึกษา 55051489
นายสุวิชัย จำรัส รหัสนักศึกษา 55051659
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา ฟิสิกส์
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2558
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิชิต ศิริโชติ

บทคัดย่อ

เครื่องบิน 4 ใบพัดใช้สำหรับการวัดระยะไกลได้มีการพัฒนาขึ้น โดยมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องบิน ประกอบด้วย มอเตอร์ 4 ตัว และ รีโมทคอนโทรล 2.4 GHz เครื่องบิน 4 ใบพัดได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 ผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F45K20 ด้านการส่งสัญญาณแบบ GPRS โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เขียนขึ้นเพื่ออ่านเซนเซอร์ LM35 และ ส่งค่าอุณหภูมิผ่านเครื่องส่งสัญญาณ GPRS นอกจากนี้ยังมีกล้องแบบ WiFi ที่ใช้เพื่อการตรวจสอบแบบเรียลไทม์ จากผลการทดลองบิน พบว่า จะได้รับค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที และ ได้รับภาพแบบเรียลไทม์จากกล้องภายในระยะ 0 - 10 เมตร

คำสำคัญ : อุณหภูมิ เรียลไทม์ เครื่องบิน 4 ใบพัด ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Multirotor for Remote Measurement		
Students	Mr.Jackapat	Honglertsakul	Student ID 55051465
	Mr.Titiwat	Thammaphui	Student ID 55051489
	Mr.Suvichai	Jumrus	Student ID 55051659
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)		
Department	Physics		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic year	2015		
Advisor	Assoc.Prof.Wichit Sirichote		

Abstract

A flying device used for remote measurement has been developed. The basic structure of the device is built with high speed four rotors and a 2.4GHz remote control. The flying rotor is equipped with one channel temperature sensor, LM35, and the PIC18F45K20 microcontroller board with GPRS modem. The microcontroller software was written for reading LM35 sensor and send the temperature though GPRS modem. The WIFI action camera was also included for real-time investigating. The flying experiment has been tested. The results showed the temperature measurement was received every 1min with real-time picture from the camera in the range of 0 - 10m.

Keyword: Temperature, Real time, Multirotor, Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต โดยโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากทางคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.วิชิต ศิริโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ให้ความรู้คำปรึกษาแนะนำอย่างดีมาตลอดระยะเวลาการทำโครงงานพิเศษ อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ที่จำเป็น และนายณัฏกฤษ สมดอก ที่คอยช่วยตรวจแก้ไขเล่มให้มีความสมบูรณ์ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือในการหาข้อมูลในการทำโครงงาน สุดท้ายขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจคณะผู้จัดทำมาโดยตลอดจนโครงงานพิเศษสำเร็จได้ด้วยดี

หากโครงงานพิเศษนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำขอน้อมรับไว้ทั้งหมด และทางคณะผู้จัดทำหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะสามารถช่วยให้เยาวชน นักเรียน นักศึกษาหรือผู้สนใจมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มากขึ้น

จักรพัชร์ หงส์เลิศสกุล
ฐิติวัสส์ ธรรมผุย
สุวัชัย จำรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อ/สัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและโครงงานที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องบินแบบ 4 ใบพัด (DRONE)	4
2.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.2 ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น	6
2.2 ทฤษฎีและหลักการทำงานของส่วนประกอบอื่นๆ	9
2.2.1 ทฤษฎี Battery Li-Po	9
2.2.2 มอเตอร์บรัสเลส (Brushless DC Motor)	10
2.2.3 Speed Controller	11
2.2.4 ทฤษฎีใบพัดของเครื่องบิน	12
2.2.5 ทฤษฎีชุดควบคุมและประมวลผล	17
2.2.6 ทฤษฎีของจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)	21
2.3 ทฤษฎีและหลักการของเครื่อง GPRS Module (GR64)	28
2.3.1 ทฤษฎีของ GPRS	28
2.3.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการส่งข้อความสั้น	32
2.3.3 โมเด็มไร้สายในระบบการสื่อสาร	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ฮาร์ดแวร์	48
3.1.1 ชุดโครงสร้าง	48
3.1.2 ขั้นตอนประกอบเครื่องบิน 4 ใบพัด	52
3.1.3 อุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ทำการวัดอุณหภูมิ	52
3.1.4 ขั้นตอนสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ทำการวัดอุณหภูมิ	55
3.2 ซอฟต์แวร์	55
3.2.1 เขียนโปรแกรมคำสั่ง PIC	55
3.2.2 อุปกรณ์ GPRS Module	56
3.2.3 หลักการส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับGPRS Module	57
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	
4.1 การบินของเครื่องบิน 4 ใบพัด	58
4.2 การวัดอุณหภูมิของเครื่องบิน	59
4.3 การส่งข้อความ Message	60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงงาน	2
2.1 รายละเอียดของ SMS	33
2.2 แสดงส่วนประกอบของชุดข้อมูลในการส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู	35
2.3 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่งข้อความสั้นภาษาอังกฤษ	37
2.4 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความสั้นภาษาอังกฤษ	39
2.5 แสดงตารางรหัสตัวอักษรของการเข้ารหัสแบบ UCS (16 บิต)	40
2.6 ส่วนประกอบของข้อมูลการส่งข้อความสั้นภาษาไทย	41
2.7 ส่วนประกอบของข้อมูลการรับข้อความสั้นภาษาไทย	42
2.8 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGF	43
2.9 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGF	43
2.10 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGL	44
2.11 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGL	44
2.12 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGR	45
2.13 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGR	45
2.14 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGS	46
2.15 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGS	46
2.16 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+GSN	46
2.17 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CGMM	46
2.18 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CGMI	47
4.1 แสดงผลการทดลองการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ครั้งที่ 1	59
4.2 แสดงผลการทดลองการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ครั้งที่ 2	59
4.3 แสดงผลการทดลองการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ครั้งที่ 3	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 (ก) การพ่นปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงในการเกษตร	1
(ข) การตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงอันตราย	1
(ค) ใช้ในความสนุกสนาน	1
(ง) ใช้เกี่ยวกับโปรโมทการท่องเที่ยว	1
2.1 Center of mass	4
2.2 ผลรวมของโมเมนต์	5
2.3 เครื่องบินแบบ 4 ใบพัด	6
2.4 การควบคุมแบบการลอยตัว	7
2.5 การควบคุมแบบการบินขึ้น – ลง	7
2.6 การควบคุมแบบการเอียงตัวซ้าย – ขวา	7
2.7 การควบคุมแบบการเอียงตัวหน้า – หลัง	8
2.8 การควบคุมแบบการหมุนตัว	8
2.9 แบตเตอรี่ชนิด Li-Po	9
2.10 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มกำลังให้แบตเตอรี่	10
2.11 มอเตอร์ Brushless	11
2.12 Speed Controller	11
2.13 หลักการทำงานของ Thrust	12
2.14 Leading Edge	13
2.15 Blade Face	13
2.16 ส่วนของใบพัดที่ตั่งฉากกับแกนของมอเตอร์	13
2.17 Blade Angle	14
2.18 Relative Wind	15
2.19 Pitch	15
2.20 Geometric Pitch และ Effective Pitch	16
2.21 The Force and The Stress	17
2.22 ไมโครคอนโทรลเลอร์ NanJ 32 10dof/6dof	17
2.23 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์	18
2.24 Gyroscope	19
2.25 ตัวอย่างห้องสี่เหลี่ยม	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 Accelerometer	20
2.27 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS	22
2.28 สถานีควบคุมระบบดาวเทียม GPS 5 แห่ง	23
2.29 การโคจรของดาวเทียม	24
2.30 การโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก	24
3.1 โคจรสร้างของเครื่องบิน 4 ใบพัด	48
3.2 แขนของ Frame 4 rotor	49
3.3 ลำตัวของ Frame 4 rotor	49
3.4 มอเตอร์ Brushless	49
3.5 Speed Control 30 แอมแปร์	50
3.6 แบตเตอรี่ Li-Po	50
3.7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น NanJ 32 10dof	51
3.8 หน้าต่างโปรแกรม Cleanflight – Configurator	51
3.9 อุปกรณ์ GPS ublox neo 7m	51
3.10 ประกอบเครื่องบิน 4 ใบพัดเสร็จสมบูรณ์	52
3.11 อุปกรณ์ Transistor LM35	52
3.12 อุปกรณ์แผ่นทองแดง	53
3.13 อุปกรณ์ PIC 18F45K20	53
3.14 อุปกรณ์ IC MAX232CPE	54
3.15 อุปกรณ์ Capacitor	54
3.16 สร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เสร็จสมบูรณ์	54
3.17 หน้าต่างโปรแกรม MikroC	55
3.18 หน้าต่างโปรแกรม MikroC	55
3.19 อุปกรณ์ PICkit2	56
3.20 GR64 GPRS Module	56
3.21 หลักการส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับGPRS Module	57
4.1 ภาพแบบเรียลไทม์จากกล้อง Action Camera	58
4.2 ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ	58
4.3 ข้อความค่าอุณหภูมิจากโทรศัพท์มือถือ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
C.M.	จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass)
C.G.	จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity)
$\bar{x}, \bar{y}$	แทนพิกัดจุดศูนย์ถ่วง C.G. ของแต่ละอุปกรณ์
$\sum W$	เป็นผลรวมของน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมด
F	แรงที่กระทำกับวัตถุ
V	แรงดันไฟฟ้า หรือ พลังงานต่อหน่วยประจุ (Voltage)
mAh	ความจุกระแสไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Milli-Ampere Hours)
C	ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดต่อเนื่องและคงที่
SpeedM	ค่าความเร็วของมอเตอร์ (มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที) Motor KV ค่าที่มอเตอร์จะบอกมาให้ในเบื้องต้น ค่านี้จะตามแรงดันที่ป้อนเข้ามา (input volt) ยิ่งใช้โวลต์เข้าไปมาก มอเตอร์ก็ยิ่งหมุนมากรอบขึ้น
KV	ความเร็วรอบในการหมุน มอเตอร์ ต่อ 1 volt
V_{in}	แรงดันที่ป้อนเข้ากับมอเตอร์
Efficiency	เป็นค่า ความสามารถที่มอเตอร์จะใช้งานจริงๆ
Ω	ความเร็วในขณะนั้น
Δ	ความเร็วที่เปลี่ยนไป
$\ddot{z}$	การเร่งความเร็วในแนวดิ่ง (Throttle)
$\ddot{\emptyset}$	การเอียงตัวไปทางขวา (Roll)
$\ddot{\vartheta}$	การเอียงตัวไปทางซ้าย (Pitch)
$\ddot{\psi}$	การหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Yaw)

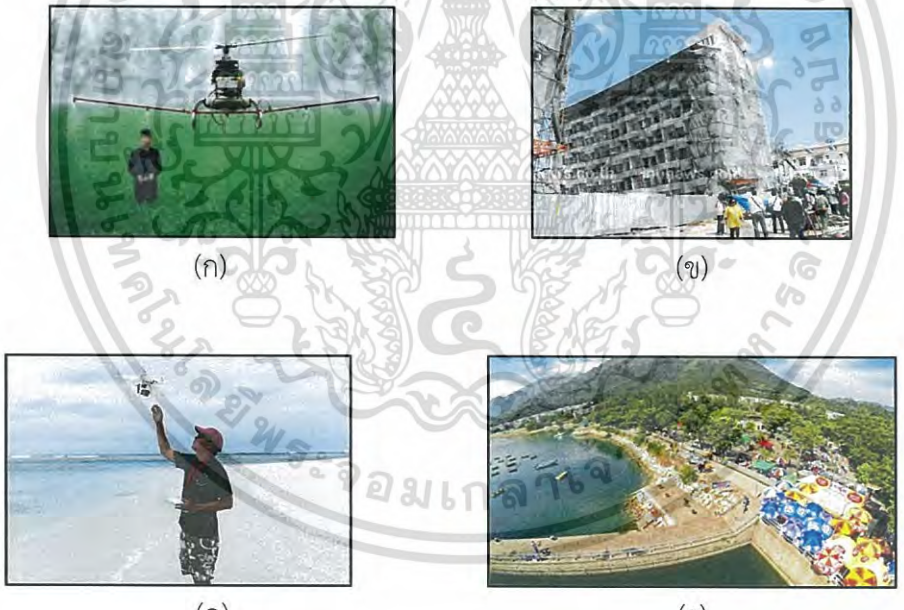
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

ปัจจุบันเครื่องบิน 4 ใบพัด (Drone) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางด้านการบิน ทำให้เครื่องบิน 4 ใบพัดมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และเหมาะสำหรับกับการบินในทุกรูปแบบ เช่น ด้านการเกษตร ด้านการทหาร ด้านสำรวจพื้นที่เสี่ยงอันตราย ด้านการบันเทิง ด้านการขนส่ง และด้านธุรกิจการท่องเที่ยว ดังแสดงในรูปที่ 1.1 สิ่งสำคัญของเครื่องบิน 4 ใบพัด คือ สามารถเข้าไปตรวจสอบพื้นที่โดยไม่ต้องใช้มนุษย์เข้าไปทำงาน เพื่อลดการสูญเสียต่อชีวิต

โครงงานนี้เป็นการนำเทคโนโลยีการสร้างเครื่องบิน 4 ใบพัด มาพัฒนาร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดทางด้านอุณหภูมิ เพื่อนำมาใช้กับระบบ GPRS ส่งข้อมูลในรูปแบบ SMS ไปยังโทรศัพท์มือถือ



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 1.1 (ก) การพ่นปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงในการเกษตร
(ข) การตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงอันตราย
(ค) ใช้ในความสนุกสนาน
(ง) ใช้เกี่ยวกับโปรโมทการท่องเที่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาการสร้างและการทำงานของเครื่องบิน 4 ใบพัด
2) เพื่อสร้างเครื่องบิน 4 ใบพัด
3) เพื่อศึกษาอุปกรณ์ที่สามารถแสดงภาพแบบเรียลไทม์ และบันทึกภาพนิ่งในมุมสูงได้
4) เพื่อศึกษาการส่งข้อมูลผ่านของ GPRS Module ได้
5) เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) พัฒนาและออกแบบเครื่องบิน 4 ใบพัด
2) สามารถสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิได้
3) สามารถรับข้อมูลค่าอุณหภูมิในระบบ GPRS ในรูปแบบ Short Message Service ไปยังโทรศัพท์มือถือ
4) สามารถเชื่อมต่อกล้อง Action Camera แสดงภาพแบบเรียลไทม์ และ บันทึกภาพนิ่งได้

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

หัวข้อ	ช่วงระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1) ศึกษาการทำงานของเครื่องบินบ 4 ใบพัด										
2) พัฒนาและออกแบบเครื่องบิน 4 ใบพัด										
3) ซื้ออุปกรณ์การสร้างเครื่องบิน 4 ใบพัด										
4) สร้างเครื่องบิน 4 ใบพัด										
5) ทดสอบประสิทธิภาพการบินของเครื่องบิน 4 ใบพัด										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน(ต่อ)

หัวข้อ	ช่วงระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
6) ปรับปรุงให้เครื่องบิน 4 ใบพัดบินอยู่กับที่										
7) สร้างวงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ										
8) ทดสอบวงจรเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ										
9) ตั้งระบบ GPRS ให้ส่งค่าอุณหภูมิ										
10) ทดสอบการบินพร้อมส่งค่าอุณหภูมิ										
11) ตั้งโปรแกรมให้กล้องแสดงภาพเรียลไทม์และ บันทึกภาพนิ่ง										
12) ติดตั้งกล้องเข้ากับเครื่องบิน 4 ใบพัด										
13) ทดสอบการบินพร้อมอุปกรณ์ทั้งหมด										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถสร้างเครื่องบิน 4 ใบพัดได้
2) มีความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องบิน 4 ใบพัด
4) สามารถตรวจสอบอุณหภูมิระยะทางไกลได้
5) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ GPS
6) สามารถรับข้อมูลค่าอุณหภูมิ ในรูปแบบ Short Message Service บนโทรศัพท์มือถือได้
7) สามารถแสดงภาพแบบเรียลไทม์ และ บันทึกภาพนิ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและโครงงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องบินแบบ 4 ใบพัด (DRONE)

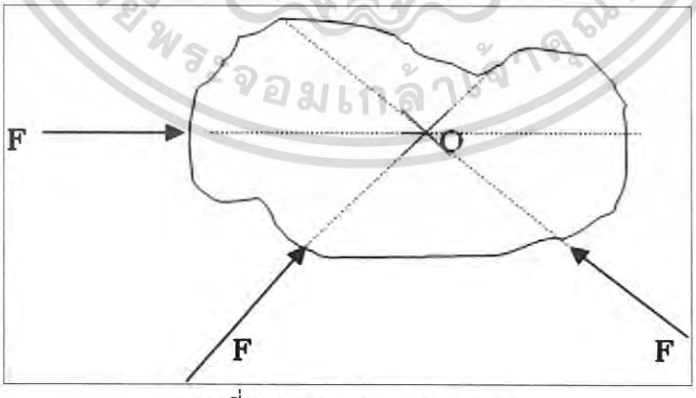
2.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีการทำงานของชุดอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำมาเป็นความรู้และองค์ประกอบสำหรับในการสร้าง และการทำงานเครื่องบินแบบ 4 ใบพัด สามารถแบ่งองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องบิน 4 ใบพัด ได้ดังนี้

ทฤษฎีการวิเคราะห์ชุดโครงสร้าง

ในการที่เราออกแบบเครื่องบินแบบ 4 ใบพัด มีความจำเป็นที่จะต้องให้ตัว เครื่องบิน 4 ใบพัด มีจุดศูนย์ถ่วงหรือจุดศูนย์กลางมวลอยู่ที่กึ่งกลางมากที่สุด เพื่อส่งผลต่อการทรงตัวและการเคลื่อนที่ของตัวเครื่องบิน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีการหาจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วงเพื่อเป็นแนวในการวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้จุดศูนย์กลางมวลหรือจุดศูนย์ถ่วงอยู่ที่แกนกลางมากที่สุด

จุดศูนย์กลางของมวล (Center of mass) C.M. คือ จุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อนจุดนี้จะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวล หาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรง หากวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล กระทำหลายๆ แนวแรงจะพบว่าแนวแรงเหล่านั้นจะตัดกันที่ตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งนั้นก็คือ จุดศูนย์กลางมวล C.M.



รูปที่ 2.1 Center of mass

จากรูปที่ 2.1 จุด O เป็นจุดที่แนวแรง F กระทำผ่านแล้ววัตถุไม่หมุนโดยวัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง F ด้วยความเร่ง a ดังนั้น จุด O จึงเป็นจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) จุดศูนย์กลางของมวลของวัตถุรูปต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) คานตรงสม่ำเสมอ จุด C.M. อยู่ที่จุดกึ่งกลางคาน

2) รูปทรงกระบอก จุด C.M. อยู่ที่จุดกึ่งกลางของเส้นแกนกลางของทรงกระบอก

3) รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จุด C.M. อยู่ที่จุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

4) รูปทรงกลม จุด C.M. อยู่ที่จุดกึ่งกลางของทรงกลม

5) แผ่นรูปสามเหลี่ยมสม่ำเสมอ จุด C.M. อยู่ที่จุดตัดของเส้นมัธยฐานทั้งสาม

6) แผ่นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานสม่ำเสมอ จุด C.M. อยู่ที่จุดตัดของเส้นทแยงมุมทั้งสอง

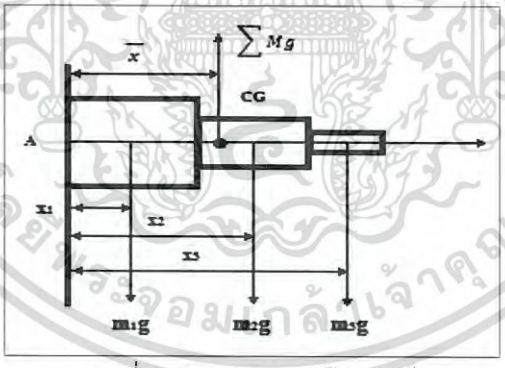
7) แผ่นกลมสม่ำเสมอ จุด C.M. อยู่ที่จุดศูนย์กลางของแผ่นกลม

8) รูปกรวยเหลี่ยม จุด C.M. อยู่ในแนวเส้นแกนของกรวยเป็นระยะ ¼ ของความสูงจากฐาน

หลักการหาจุดศูนย์ถ่วง Center of Gravity

จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) พิจารณาในระบบของ n น้ำหนักของอนุภาคประกอบไปด้วยแรงคู่ขนาน ซึ่งถูกแทนที่ด้วยน้ำหนักลัพธ์ค่าเดียว (เทียบเท่า) และจุดที่กระทา จุดนี้เรียกว่าจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity, C.G.) น้ำหนักลัพธ์จะเท่ากับน้ำหนักทั้งหมดของอนุภาค n อนุภาคทั้งหมด คือ

$$W_R = \sum W \qquad \text{... (2.1)}$$



รูปที่ 2.2 ผลรวมของโมเมนต์

จากรูปที่ 2.2 ผลรวมของโมเมนต์ของน้ำหนักของอนุภาคทั้งหมดรอบแกน x และแกน y เท่ากับโมเมนต์ของน้ำหนักลัพธ์รอบแกนดังกล่าว ดังนั้นหาค่าพิกัด $\bar{x}$ ของ C.G. โดยโมเมนต์รอบแกน y จะได้ว่า

$$\bar{x}W_R = \bar{x}_1W_1 + \bar{x}_2W_2 + \ldots + \bar{x}_nW_n \qquad \text{... (2.2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกัน ผลรวมโมเมนต์รอบแกน x จะได้ค่าพิกัด $\bar{y}$ นั่นคือ

$$\bar{y}W_R = \bar{y}_1W_1 + \bar{y}_2W_2 + \ldots + \bar{y}_nW_n \quad \ldots (2.3)$$

ถึงแม้ว่าน้ำหนักจะไม่ก่อให้เกิดโมเมนต์ ในรอบแกน z จะได้ค่าพิกัด z ของ C.G. ที่จินตนาการในระบบพิกัดที่อนุภาคอยู่ โดยหมุน 90 องศา รอบแกน x หรือ y ผลรวมโมเมนต์รอบแกน x จะได้ว่า

$$\bar{z}W_R = \bar{z}_1W_1 + \bar{z}_2W_2 + \ldots + \bar{z}_nW_n \quad \ldots (2.4)$$

ดังนั้นสามารถเขียนในรูปสมการทั่วไปได้ว่า

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}W}{\sum W}, \ \bar{y} = \frac{\sum \bar{y}W}{\sum W}, \ \bar{z} = \frac{\sum \bar{z}W}{\sum W} \quad \ldots (2.5)$$

การหาจุด Center of Gravity (C.G) หรือจุดศูนย์ถ่วงในระบบ 2 มิติ ใน Quad Copter สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}W}{\sum W}, \ \bar{y} = \frac{\sum \bar{y}W}{\sum W} \quad \ldots (2.6)$$

เมื่อ $\bar{x}, \bar{y}$ แทนพิกัดจุดศูนย์ถ่วง C.G. ของแต่ละอุปกรณ์ของ Quad Copter

$W_R = \sum W$ เป็นผลรวมของน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมด

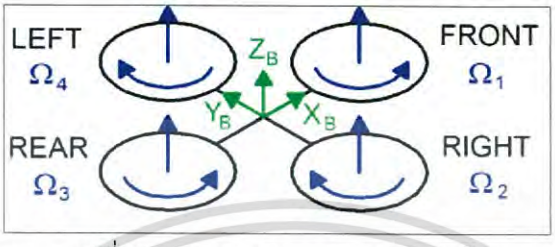
2.1.2 ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น

เครื่องบินแบบ 4 ใบพัด คือ เครื่องบินที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้ง 3 แนวแกน โดยที่มี 4 ใบพัดวางพาดกันเป็นกากบาท โดยใบพัดทั้ง 4 นั้นจะเป็นอิสระต่อกัน และ มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่าเฮลิคอปเตอร์ทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยการทำงานและการเคลื่อนที่เป็นดังนี้

รูปที่ 2.3 เครื่องบิน 4 ใบพัด

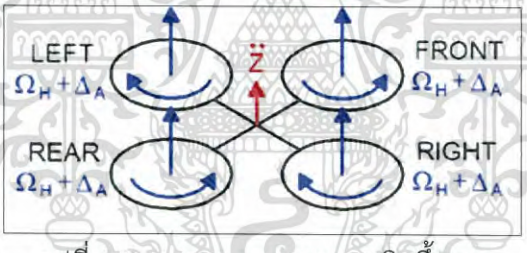
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Hovering หรือ การลอยตัวเฉยๆ ทำได้โดยการควบคุมให้ความเร็ว ใบพัดที่ 4 ตัว มีความเร็วที่เท่ากันเพื่อสร้างแรงบิด (Torque) และหักล้างแรงบิด ดูจากรูปจะเห็นว่า ใบพัดทั้ง 4 ตัว จะหมุนกันคนละทิศทาง ใบพัดซ้ายและขวาจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ใบพัดหน้าและหลังจะหมุนทวนเข็ม ทำให้เครื่องบินไม่หมุนตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.4



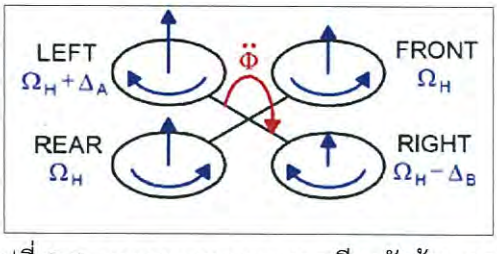
รูปที่ 2.4 การควบคุมแบบการลอยตัว

2) Throttle คันเร่งความเร็ว สำหรับเครื่องบินทำการบินขึ้นลง ดูจากรูปจะเห็นว่าใบพัดทั้ง 4 ตัวจะต้องเพิ่มความเร็วทุกใบพัดที่เท่ากัน จึงทำให้เครื่องบินลอยตัวขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบการบินขึ้น-ลง

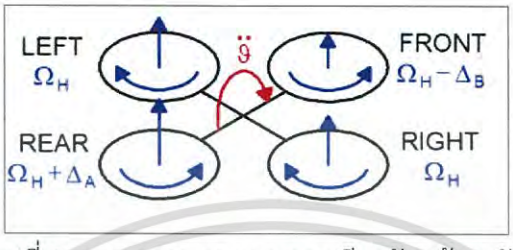
3) Roll เอียงตัวซ้าย-ขวา ดูจากรูปจะเห็นว่าใบพัด หน้า (Front) หลัง (Rear) จะมีความเร็วเท่าเดิมแต่ความเร็วใบพัดซ้าย (Left) จะหมุนเร็วขึ้น ทิศทางนี้จะยกตัวขึ้นใบพัดขวา (Right) จะช้าลงทิศทางด้านนี้จะตกลง จึงทำให้เกิดการเอียงตัวไปทางขวาได้ ส่วนเอียงตัวซ้ายก็ใช้วิธีคล้ายกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การควบคุมแบบการเอียงตัวซ้าย-ขวา

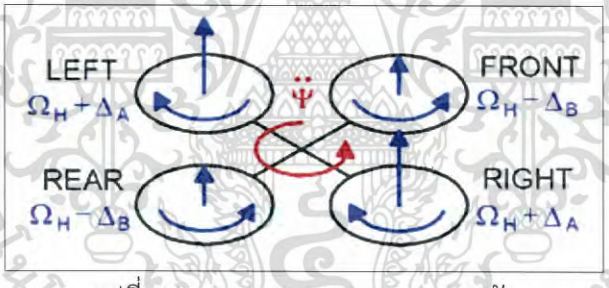
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Pitch เอียงหน้าและหลัง เป็นแบบเดียวกับการควบคุมแบบ Roll แต่เปลี่ยนเป็นใบพัดซ้าย (Left) ขวา (Right) จะความเร็วคงที่ แต่ความเร็วใบพัดหลัง (Rear) จะหมุนเร็วขึ้นทิศทางด้านหลังจะยกขึ้น ใบพัดหน้า (Front) จะหมุนช้ากว่าทิศทางด้านหน้าจะตกลง จึงทำให้เครื่องบินเอียงไปข้างหน้า ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การควบคุมแบบการเอียงตัวหน้า-หลัง

5) Yaw หรือการหมุนตัว ให้ความเร็วใบพัดหน้า (Front) กับ ใบพัดหลัง (Rear) มีความเร็วมากกว่าใบพัดซ้าย (Left) กับ ใบพัดขวา (Right) เพื่อให้แรงบิดด้านซ้าย หรือ ด้านขวามีมากกว่า จึงทำให้เครื่องบินหมุนตัวได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การควบคุมแบบการหมุนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีและหลักการทำงานของส่วนประกอบอื่นๆ

2.2.1 ทฤษฎีBattery Li-Po

แบตเตอรี่ Li-Po (Lithium polymer) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในเครื่องบิน ข้อดีของมันคือสามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าแบบ Nickel Cadmium (Ni-Cd) ถึง 350 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักที่น้อยกว่า 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ และอัตราของแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงเอง โดยที่เราไม่ได้ใช้งาน (Self-Discharge) อยู่ที่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง แบตเตอรี่แบบ Ni-MH มีอัตราอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ และ Ni-Cd ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ข้อเสียของมันคือห้ามใช้จนแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 3.0 โวลต์ เพราะจะไม่สามารถนำแบตเตอรี่มาใช้ได้อีก ซึ่งแบตเตอรี่ Li-Po แต่ละก้อนโดยปกติจะระบุคุณลักษณะ ไว้อย่างชัดเจน โวลต์ , มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง และค่าความสามารถในการจ่ายกระแสไฟสูงสุด

รูปที่ 2.9 แบตเตอรี่ชนิด Li-Po

V : Voltage หมายถึง ระดับแรงดันของตัวแบตเตอรี่ Li Po โดยปรกติแรงดันจากแบตเตอรี่ชนิด Ni-Cd , NiMH จะมีแรงดันต่อเซลล์ ที่ 1.2 โวลต์. แต่แรงดันของแบตเตอรี่ Li-Po ต่อ 1 เซลล์ จะเท่ากับ 3.7 โวลต์ ซึ่งในรูปที่ 2.7 เป็นแบตเตอรี่ Li-Po แบบ 3 เซลล์ จึงมี 11.1 โวลต์

mAh : Milli-Ampere Hours หมายถึง ความจุกระแสไฟฟ้าต่อชั่วโมงที่สามารถจ่ายได้จนแบตเตอรี่หมด เช่น แบตเตอรี่ขนาด 1000 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง หากนำไปต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ใช้กระแสไฟฟ้า 1000 มิลลิแอมป์ แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 1 ชั่วโมง

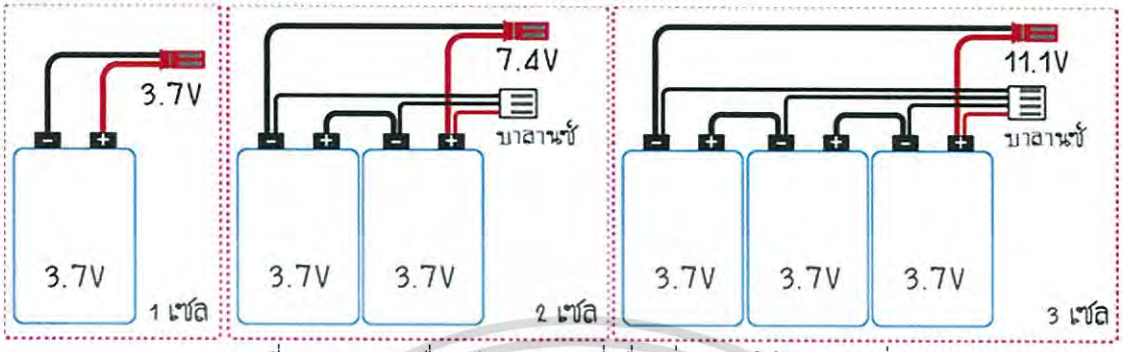
C : หมายถึง ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดต่อเนื่องและคงที่

การคำนวณค่าความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด ของ แบตเตอรี่ Li-Po

$$\text{mAh} \times \frac{\text{C}}{1000} \quad \ldots (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.9 แบตเตอรี่ ระบุไว้ว่า 11.1 โวลต์ 2,200 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง 45C
2,200 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง x 45C = 99,000 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มกำลังให้แบตเตอรี่

จากรูปที่ 2.10 คือการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ Li-Po มีการเชื่อมอยู่ 2 ลักษณะ

1) แบบอนุกรม (Series) เป็นการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า

ตัวอย่าง 1 Cell = 3.7 โวลต์
2 Cells = 7.4 โวลต์
3 Cells = 11.1 โวลต์
4 Cells = 14.8 โวลต์

2) แบบขนาน (Parallel) เป็นการเพิ่มค่าความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแบตเตอรี่ทั้งระบบ

ตัวอย่าง นำแบตเตอรี่ที่ระบุ 1,000 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง 30 C จำนวน 2 ก้อน มาต่อแบบขนานกันจะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1 ก้อน (3.7 โวลต์) เท่าเดิม แต่จะได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มเป็น 2,000 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง และ ค่าความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด เพิ่มขึ้นเป็น 60 C

2.2.2 มอเตอร์บรัสเลส (Brushless DC Motor)

Brushless Motor คือ มอเตอร์ซิงโครนัส 3 เฟส ที่ทำงานโดยอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กำลังเป็นสวิตช์ในการตัดต่อ กระแสที่จ่ายให้กับขดลวดมอเตอร์ โดยที่ชนิดของมอเตอร์จะพิจารณาตามลักษณะรูปคลื่นกระแสและคุณสมบัติของแรงบิดหรือทอร์ค โดยจะนิยมเรียกว่า Brushless DC Motor ในกรณีที่รูปแบบของกระแสและแรงบิดของมอเตอร์ที่ใช้มีลักษณะเป็นแบบสี่เหลี่ยม (Trapezoidal current/torque) Brushless DC Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและอาศัยระบบอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ในการหมุนโดยภายในจะมีขดลวดวางทำมุมห่างกัน 120 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณรอบของมอเตอร์

$$\text{SpeedM} = (\text{Motor KV}) \times (V_{in}) \times (\text{Efficiency}) \quad \text{... (2.8)}$$

เมื่อ SpeedM = ค่าความเร็วของมอเตอร์ (มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที)

Motor KV = ค่าที่มอเตอร์จะบอกมาให้ในเบื้องต้น ค่านี้จะตามแรงดันที่ป้อนเข้ามา (Input volt) ยิ่งใช้โวลต์เข้าไปมากมอเตอร์ก็ยิ่งหมุนมากรอบขึ้น (KV คือ ความเร็วรอบในการหมุน มอเตอร์ ต่อ 1 โวลต์)

V_{in} = แรงดันที่ป้อนเข้ากับมอเตอร์

Efficiency = เป็นค่า ความสามารถ ที่มอเตอร์จะใช้งานจริงๆ โดยปกติจะมีการสูญเสียไปในรูปแบบพลังงานความร้อนด้วยมอเตอร์บรัสเลส ทั่วไปจะมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ หรือ0.80

รูปที่ 2.11 มอเตอร์ Brushless

2.2.3 Speed Controller

Speed Controller เป็นตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งจะรับคำสั่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจะจ่ายไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ ไปให้กับมอเตอร์ตามคำสั่ง ดังแสดงใน รูปที่ 2.12

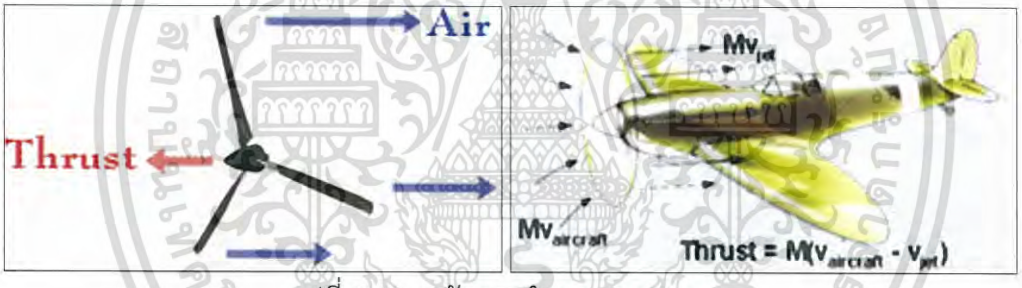
รูปที่ 2.12 Speed Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ทฤษฎีใบพัดของเครื่องบิน

Thrust เป็นแรงที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องบินไปในอากาศ Thrust เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ผลักดันเครื่องบิน ซึ่งมีอยู่หลายแบบและหลายวิธีการในการสร้างระบบผลักดันนี้ขึ้นมา (ใช้กฎของ Newton ข้อที่สาม) ใบพัดก็เป็นหนึ่งในระบบขับเคลื่อนเครื่องบิน จุดมุ่งหมายของ ใบพัดก็คือการขับเคลื่อนเครื่องบินให้เคลื่อนที่ไปในอากาศ ใบพัดประกอบใบด้วยใบ หรือ กลีบ ตั้งแต่สองกลีบ หรือสองใบขึ้นไป ต่อกันด้วยที่ศูนย์กลาง ซึ่งเรียกว่า HUB และ hub ทำหน้าที่ยึด ใบพัดแต่ละกลีบ หรือแต่ละใบเข้ากับ Shaft ของมอเตอร์

ใบพัด สร้างขึ้นให้มีลักษณะ หรือรูปร่างเป็น Airfoil คล้ายกับลักษณะของปีกเครื่องบิน เมื่อใบพัดหมุนโดยการหมุนของมอเตอร์ ใบพัดก็จะสร้างแรงยกไปทางด้านหน้าของเครื่องบิน และแรงยกส่วนนี้เราเรียกว่า Thrust ที่จะทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เครื่องบินส่วนใหญ่ มีใบพัดแบบที่ใช้ดึงเครื่องบินผ่านไปในอากาศใบพัดประเภทนี้ เรียกว่า ใบพัดแบบ Tractor เครื่องบินบางเครื่องใช้ใบพัดแบบผลักให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปในอากาศ เรียกว่า ใบพัดแบบ Pusher ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของ Thrust

1) ส่วนประกอบของใบพัด

จากรูปที่ 2.14 และ 2.15 แสดงส่วนประกอบของใบพัดที่ประกอบด้วย

Leading Edge คือ ส่วนแรกของใบพัดที่หมุนตัดกับอากาศ เมื่อใบพัดตัดอากาศ อากาศก็จะไหลผ่านบนด้านหน้าของใบพัด และ ส่วนที่เป็นส่วนโค้งของใบพัด

Blade Face คือ ส่วนล่างของใบพัด หรือ ส่วนล่างของ Airfoil แต่เราอาจจะเรียกว่าเป็นด้านหลังของใบพัด ซึ่งความจริงมันคือด้านหน้าของใบพัด

Blade Back คือ ส่วนที่มีความโค้งพื้นผิว หรือ camber ของใบพัด หรือ บางทีเราเรียกว่าด้านหน้าของใบพัด ซึ่งความจริงมันคือด้านหลังของใบพัด

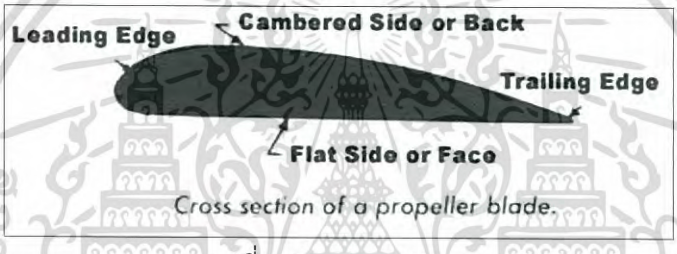
Blade Shank (Root) คือ ส่วนของกลีบใบพัดที่อยู่ที่ส่วนหัว หรือ ส่วนที่อยู่ติดกับส่วนตรงกลาง (Hub)

Blade Tip คือ ส่วนปลายสุดของใบพัด

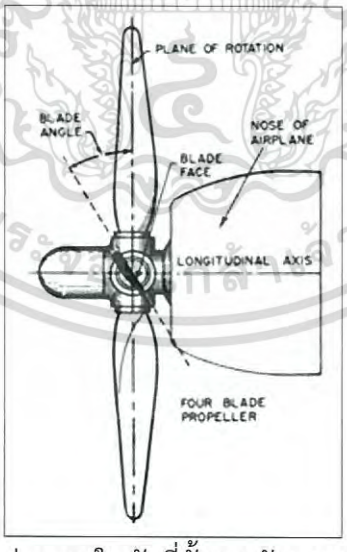
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plane of Rotation คือ ระนาบจินตนาการของการหมุนของใบพัดที่ตั้งฉากกับ แกนของมอเตอร์ ระนาบนี้จะเป็นระนาบวงกลมตามที่ใบพัดหมุน ดังแสดงในรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.14 Leading Edge



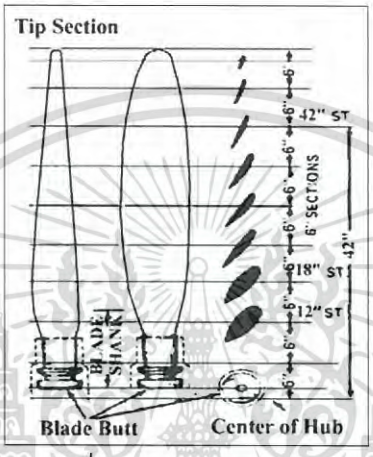
รูปที่ 2.15 Blade Face



รูปที่ 2.16 ส่วนของใบพัดที่ตั้งฉากกับแกนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Blade Angle คือ มุมที่เกิดจากส่วนของด้านหลังของใบพัด หรือ Blade Face กับระนาบการหมุนของใบพัด มุมที่เกิดขึ้นตลอดระยะความยาวของใบพัดตั้งแต่โคนถึงปลายใบพัด จะไม่เท่ากัน เหตุผลในการที่มุมตลอดใบพัดมีค่าต่างกัน เพราะว่า ระยะความยาวของใบพัดจากแกนศูนย์กลางการหมุนไม่เท่ากัน ทำให้ความเร็วของใบพัดแต่ละส่วนมีความเร็วไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลกับแรงที่เกิดขึ้น ดังนั้นการออกแบบจึงต้องการให้ทุกๆส่วนของใบพัดมีมุม Angle of Attack ของตัวเองที่มีประสิทธิภาพที่สุด ที่สามารถสร้างแรง Thrust ตามความเร็วรอบที่ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 Blade Angle

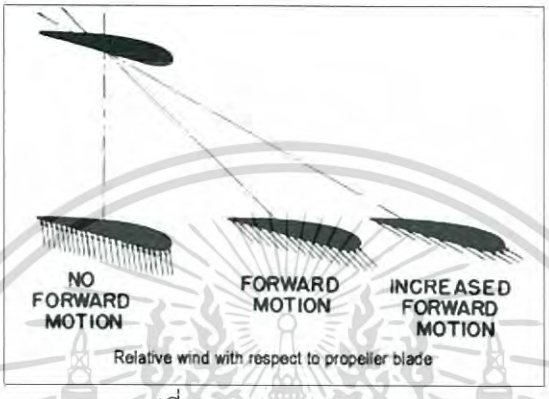
Blade Element คือ ส่วนย่อยของความยาวของใบพัด เสมือนนำส่วนย่อยนี้มาต่อกันขึ้นมาเป็นใบพัดหรือ Blade Airfoil ส่วนย่อยนี้วางอยู่ในตำแหน่งที่ทำมุมกับระนาบการหมุนที่ต่างกัน

เหตุผลในการวางส่วนต่างๆที่มุมต่างกัน เพราะว่า ส่วนย่อยต่างๆของใบพัดนั้นมีความเร็วในการหมุนที่ต่างกัน ส่วนของใบพัดที่อยู่ด้านในติดกับศูนย์กลางจะมีความเร็วที่ช้ากว่าส่วนที่อยู่ไกลออกไปที่ส่วนปลายของใบพัดถ้าหากว่าทุกส่วนตลอดความยาวของใบพัดมีมุมเท่ากันหมด ทิศทางของลมที่กระทบกับใบพัดก็จะไม่กระทบกับใบพัดที่มุม Angle of Attack ที่เท่ากัน เพราะความเร็วของใบพัดตลอดระยะความยาวจะไม่เท่ากัน

ใบพัดจะมีลักษณะบิดเป็นเกลียวเล็กน้อย (เนื่องจากการมีมุมที่ต่างกันในแต่ละส่วนของใบพัด) เมื่อใบพัดหมุนไปรอบๆ แต่ละส่วนของใบพัดหมุนด้วยความเร็วที่ต่างกัน การที่ใบพัดบิดเล็กน้อย นั่นหมายความว่าแต่ละส่วนที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วเท่ากัน จึงทำให้ไม่เกิดแรงที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของใบพัดมากกว่ากันซึ่งจะทำให้เกิดอาการงอได้ (bending)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thrust ที่เกิดจากใบพัดที่ติดอยู่กับ Shaft ของเครื่องยนต์ ขณะที่ใบพัดหมุน ขณะทำการบิน แต่ละส่วนเคลื่อนไหว พร้อมกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ของเครื่องบิน และการหมุนรอบ ของใบพัด ส่วนที่หมุนช้า ก็จะมีมุม Angle of Attack ที่มากกว่า ในการสร้าง Thrust ดังนั้น รูปร่าง (cross section) ของใบพัดจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลง จากโคนใบพัดไปจนถึงปลายของใบพัด และการเปลี่ยนรูปร่างเช่นนี้ทำให้ใบพัดมีลักษณะบิด (Twist) ของใบพัด

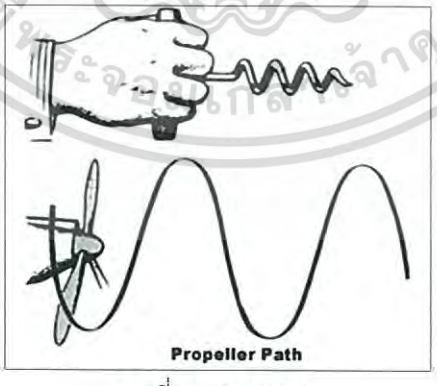


รูปที่ 18 Relative Wind

จากรูปที่ 2.18 แสดง Relative Wind เป็น ลมที่กระทบ และ ผ่าน airfoil เมื่อ airfoil เคลื่อนที่ผ่านอากาศ

Angle of Attack คือ มุมระหว่าง chord ของ element กับ relative wind สำหรับใบพัดแล้วมุมที่มีประสิทธิภาพจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 องศา

Blade Path คือ ทางที่ใบพัดเคลื่อนที่ไป

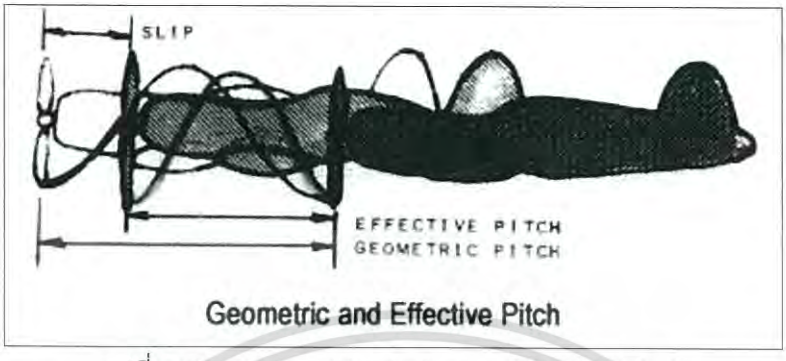


รูปที่ 2.19 Pitch

Pitch คือ ระยะทางที่เป็นเกลียวเหมือนเกลียวของสกรูที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหนึ่งรอบ ซึ่งก็เหมือนใบพัดเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อหมุนอยู่ในอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Geometric Pitch เป็น ระยะทางในทางทฤษฎีที่ใบพัดควรจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อใบพัดหมุนไปหนึ่งรอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 Geometric Pitch และ Effective Pitch

Effective Pitch คือ ระยะทางในทางปฏิบัติจริงๆ เมื่อใบพัดหมุนหนึ่งรอบ ในขณะทำการบินในอากาศ effective pitch จะมีระยะทางสั้นกว่า geometric pitch เสมอ เนื่องจากอากาศที่เป็นของไหล (slip) ดังแสดงในรูปที่ 2.20

2) แรง และ ความล้า ที่กระทำบนใบพัดขณะทำการบิน

The Force ที่กระทำต่อใบพัดขณะทำการบิน ดังแสดงในรูปที่ 2.21 มีดังนี้

1. Thrust คือ แรงของอากาศบนใบพัด ซึ่งขนานกับทิศทางที่ไปข้างหน้า และก่อให้เกิดแรงที่ทำให้ใบพัดงอ

2. Centrifugal force คือ แรงหนีศูนย์กลางเกิดจากการหมุนของใบพัด จะทำให้เหวี่ยงใบพัดออกไปจากศูนย์กลาง

3. Torsion or Twisting forces คือ ในตัวใบพัดเอง ซึ่งเกิดจากผลของแรงที่เกิดจากอากาศที่พยายามจะบิดใบของใบพัดไปหามุมที่ต่ำกว่าหรือไปหามุมที่แบน

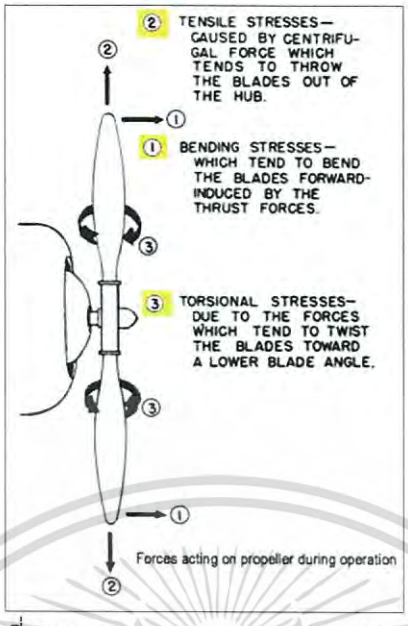
The Stress ที่กระทำต่อใบพัดขณะทำการบิน ดังแสดงในรูปที่ 2.21 มีดังนี้

1. Bending stresses คือ เกิดจากแรง trust ที่กระทำต่อใบพัด stresses ใบพัดจะโค้งงอไปข้างหน้า ขณะที่เครื่องบินเคลื่อนที่ไปในอากาศ

2. Tensile stresses คือ เกิดจากแรงหนีศูนย์กลางของใบพัดเอง

3. Torsion stresses คือ แรงบิดนี้เกิดจากการหมุนของใบพัดเองด้วยแรงบิดสองแรง แรงแรกเกิดจากแรงที่กระทำตอบโต้กับแรงลมที่เกิดจากใบพัด เรียกว่า aerodynamic twisting moment ส่วนแรงสองเกิดจากแรงหนีศูนย์กลาง เรียกว่า centrifugal twisting moment

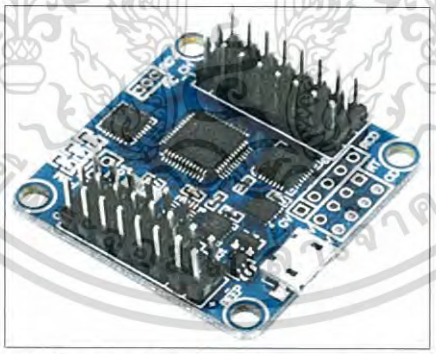
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 The Force and The Stress

2.2.5 ทฤษฎีชุดควบคุมและประมวลผล

เครื่องบิน 4 ใบพัด ต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ในการรับและส่งคำสั่งต่อไปยังอุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะระบบประมวลผลคำสั่งในการเคลื่อนที่ที่ต้องมีความเร็วและความแม่นยำ เรียกอุปกรณ์ชุดนี้ว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.22 ไมโครคอนโทรลเลอร์ NanJ 32 10dof/6dof*

ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย 3 ส่วน

1) หน่วยประมวลผล ทำหน้าที่ อ่าน HEX-Opcode ภาษาเครื่องที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ EEPROM ซึ่งเราเขียนขึ้น มาถอดรหัสความหมายและทำตามคำสั่งนั้นๆ โดยคำสั่งมีตั้งแต่การการทำทางคณิตศาสตร์ ตรรกศาสตร์ การเปรียบเทียบ การย้ายข้อมูล การติดต่อพอร์ต โดยทำทีละคำสั่ง เมื่อทำเสร็จก็จะทำคำสั่งถัดมา หน่วยประมวลผลประกอบด้วย ALU และ รีจิสเตอร์ต่างๆ ซึ่งทำงานได้โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกป้อนเข้ามาที่ ALU

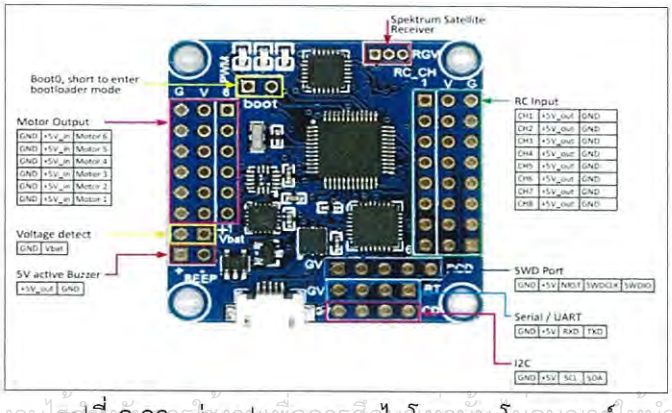
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หน่วยความจำ (Memory) แบ่งเป็น 2 ชนิดคือหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ หน่วยประมวลผลใช้อ่านอย่างเดียวเป็นที่สำหรับเก็บโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นในรูปของภาษาเครื่องหรือ ไฟล์ที่มีนามสกุล HEX ซึ่งก็คือไฟล์ที่ได้หลังจากการคอมไพลโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นนั้นเอง แต่ ปัจจุบันนิยมใช้เป็น แบบ EEPROM ความแตกต่างอยู่ที่ ROM เขียนได้ ครั้งเดียว แต่ EEPROM สามารถเขียนได้ และ ลบด้วยไฟฟ้าได้ ถึงเป็นระดับ 1000 ครั้ง หน่วยความจำ EEPROM ใช้การโปรแกรม EEPROM แต่ละครั้งก็คือการ โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเอง คือการอัดโปรแกรมที่เขียนขึ้นให้บรรจุอยู่ในหน่วยความจำ EEPROM หน่วยความจำ RAM (Read Access Memory) คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บค่าตัวแปรต่างๆ ที่เราเขียนขึ้นในโปรแกรมรวมถึงค่ารีจิสเตอร์ต่างๆด้วย

3) อุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท (Input/output Port) คือส่วนติดต่อกับ อุปกรณ์ภายนอก เช่น พอร์ตขนาน พอร์ตอนุกรม A/D USB ทำหน้าที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม

การควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถทำได้โดยเขียนคำสั่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้จัก ซึ่งเรียกว่า Opcode หรือ ภาษาเครื่องลงในหน่วยความจำเก็บโปรแกรม EEPROM โดยเรียงลำดับจากคำสั่งที่ 1 2 3 .... เรียงไปเรื่อยๆตามที่ต้องการ ซึ่งการเขียนคำสั่งเรียงลำดับลงไปเรื่อยๆเรียกว่า การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง การเขียนคำสั่งด้วย Opcode ที่เป็นภาษาเครื่อง มีลักษณะเป็น เลขฐาน16 หรือ เลขฐาน 2 เช่น ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ใส่ค่า 09 ลงในตัวแปร หรือ รีจิสเตอร์ A ต้องเขียน เป็น เลขฐาน 16 74H 09H หรือ เลขฐาน 2 01110100 00001001 เมื่อไมโครคอนโทรเลอร์ถอดรหัสได้ ก็จะทำให้ A=09H จะเห็นว่าการ เขียนภาษาด้วยตัวเลขแบบนี้ ต้องการทำความเข้าใจเป็นอย่างมาก จึงมีการคิดภาษาอังกฤษที่ใช้แทน Opcode หรือภาษาเครื่อง เรียกว่า ภาษา Assembly โดยใช้คำ เช่น MOVE แปลว่า ย้าย หรือ ADD แปลว่าบวก เมื่อเขียนเสร็จแล้ว ต้องเอาไปถอดรหัสเป็น Opcode หรือภาษาเครื่องอีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนการแปลงเป็น ภาษาเครื่องเรียกว่า การคอมไพล



รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.23 คือ ไมโครคอรโทรลเลอร์ NanJ 32 10dof/6dof*

- 36x36 มิลลิเมตร
- 3-axis MEMS gyro + accelerometer (MPU6050)
- 3-axis magnetometer (HMC5883L)
- Pressure sensor (MS5611)
- Flexible motor outputs, support various airframe types
- Quad/Hexa/Tri/Bi/Y4/Y6/Octo/Camera Gimbal (Default is Quad-X)
- Up to 8ch RC input – Supports standard receivers (PWM), PPM sum receiver (FrSky, etc), or Spektrum Satellite receiver
- Battery voltage monitoring
- Modern 32-bit processor running at 3.3V/72MHz (STM32F103CB)
- Onboard MicroUSB for setup and configuration
- Multiwii-based configuration software for easy setup
- Rev4 hardware

2.2.5.1 Gyroscope Sensor

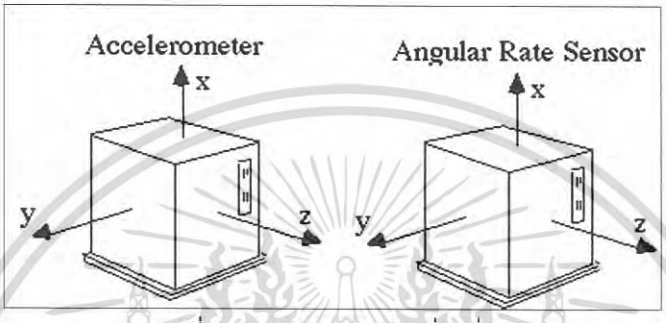
การทำงานของ Gyroscope นั้น จะเป็นไปตามกฎของนิวตัน คือ มวลจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เมื่อตัวไจโรหมุนไป 90 องศา จุดบนจะหมุนเปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา และ ยังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย เช่นเดียวกับจุดล่าง เมื่อหมุนขึ้นมา 90 องศา มันยังคงเคลื่อนที่ไปทางขวา ทำให้ล้อเกิดการหมุนควง ขณะที่จุดบนและจุดล่างเปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา การเคลื่อนที่ในครั้งแรกจะถูกยกเลิกไปไม่เกิดการพลิกของล้อ ดังนั้นแกนหมุนของไจโรจะเหมือนกับห้อยอยู่กับที่ตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2.24

รูปที่ 2.24 Gyroscope

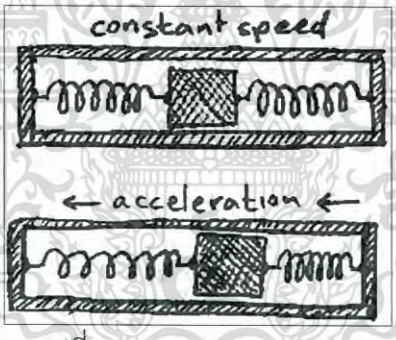
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2 Accelerometer Sensor

Accelerometer คือ Acceleration + Meter คือ Sensor วัดความเร่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง (ในหน่วย m/s^2) ตัวอย่าง ความเร่งของแรงโน้มถ่วงก็คือ m/s^2 หรือ a (Acceleration) โดยหลักการทำงาน เสมือนห้องสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่ทุกด้านของกำแพงจะมีสปริงติดอยู่ เวลาห้องเอียงไปทางใดทางหนึ่ง สปริงก็จะยุบไปด้านนั้นๆ โดยคาดว่าแรงดันของสปริงมีน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก และ ใช้วงจรไฟฟ้าในการดึง Output Analog ออกมาใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างห้องสี่เหลี่ยม



รูปที่ 2.26 Accelerometer

ใช้ Accelerometer สำหรับเป็นตัวชี้ว่าอยู่ในสถานะ Static (นิ่งเฉย) หรือ Dynamic (เคลื่อนไหวทันทีทันใด หรือ หยุดทันทีทันใด) นั่นทำให้ Accelerometer เป็น sensor สำหรับบอกสถานการณ์ไม่สมดุลได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.26

2.2.5.3 Magnetometer Sensor

แมกนิโทมิเตอร์ (Magnetometer) คือ เครื่องมือวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก ในการสำรวจทางภาคพื้นดินใช้วัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กแนวตั้ง บางครั้งใช้วัดความเข้มสนามแม่เหล็กแนวราบหรือแนวรวม แต่ในการสำรวจทางอากาศส่วนใหญ่ใช้วัดสนามแม่เหล็กแนวรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.4 Pressure Sensor

Pressure Sensor คือ เซ็นเซอร์วัดความดันลม ที่ใช้สำหรับการควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เซ็นเซอร์แรงดันยังสามารถนำมาใช้เพื่อวัดอ้อมตัวแปรอื่น เช่น การไหลของของไหล ก๊าซ ความเร็ว ระดับน้ำ และ ระดับความสูง Pressure Sensor สามารถหรือ จะเรียกว่า Pressure transducers, Pressure transmitters, Pressure senders, Pressure indicators and Piezometers, Manometers และ อื่นๆ

2.2.6 ทฤษฎีของจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)

2.2.6.1 ความหมายของ GPS

GPS หรือ Global Positioning System ชื่อภาษาไทยบัญญัติโดยคณะกรรมการบัญญัติศัพท์เทคโนโลยีสารสนเทศ ราชบัณฑิตยสถาน เมื่อเดือนพฤษภาคม 2541 ไว้ว่า "ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก" ชื่อเต็มของระบบนี้คือ NAVSTAR Global Positioning System คำว่า NAVSTAR เป็นอักษรย่อมาจาก Navigation Satellite Timing and Ranging ภาคของคำว่าดาวเทียมสำหรับนำร่อง คือระบบที่ระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก จากกลุ่มดาวเทียม 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบโลก ในระดับ ความสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตร และถ้าเป็นแบบวิธี "อนุพันธ์" (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตรจากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดลดลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบ TRANSIT เดิมเป็นอันมาก

2.2.6.2 ประวัติและพัฒนาการของดาวเทียม GPS

ในศตวรรษที่ 20 ในการพัฒนาเครื่องส่งวิทยุทำให้เครื่องช่วยการเดินทางได้พัฒนาไปอีกขั้นเรียกว่า Radio Beacons รวมทั้ง Loran และ Omega ในที่สุดเทคโนโลยีของดาวเทียมทำให้เครื่องช่วยการเดินทางและการหาตำแหน่งจะพิจารณาจากเส้นที่สัญญาณเดินทางผ่านด้วยการวัดของ Doppler ที่เคลื่อนที่ไป ซึ่งมี ระบบ TRANSIT เป็นระบบเครื่องช่วยการเดินเรือโดยอาศัยดาวเทียม ได้รับการคิดค้นสำเร็จในปี ค .ศ. 1950 และใช้งานอยู่ 33 ปี จึงได้ปลดประจำการไป ระบบ TRANSIT ได้พัฒนามาให้ข้อมูลการหาตำแหน่งที่แน่นอนให้กับเรือดำน้ำ Polaris ที่มีจรวดนำวิถี หลักการคือ การคาดการณ์โดยใช้ความถี่ Doppler ที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปจากดาวเทียม Sputnik ส่งโดยสหภาพโซเวียตในเดือนตุลาคม 1957 สัญญาณเปลี่ยนของ Doppler สามารถพิจารณาการโคจรของดาวเทียมใช้ข้อมูลที่จดเอาไว้ที่สถานีหนึ่งเมื่อดาวเทียมโคจรผ่านไป ระบบ TRANSIT ประกอบด้วย ดาวเทียม 6 ดวงที่เกือบเป็นวงกลม การโคจรผ่านขั้วโลกที่ความสูง 1,075 กิโลเมตร ระยะเวลาของการหมุน 107 นาที การโคจรของดาวเทียมระบบ TRANSITจะแน่นอนกว่าโดยการติดตามจากสถานีพื้นโลกที่กำหนดไว้ ด้วยสภาพที่น่าพอใจความเร็วที่แน่นอนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35 ถึง 100 เมตร รอบต่อนาที ปัญหาของระบบ TRANSIT คือการครอบคลุมพื้นที่มีช่องว่างระหว่างกันมาก ผู้ใช้ต้องคำนวณโดยการ Interpolate ตำแหน่งของตนเองระหว่างที่ดาวเทียมโคจรผ่านไป

ความสำเร็จของ ระบบ TRANSIT เป็นการกระตุ้นให้ทั้งกองทัพเรือและกองทัพอากาศของสหรัฐฯ พิจารณาระบบช่วยการเดินทางที่ก้าวหน้ากว่าเดิมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทางกระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ได้ผลิตระบบการหาตำแหน่ง NAVSTAR ทั่วโลก ซึ่งจะเอาไว้ในการระบุตำแหน่งการนำวิถีของจรวดทั้งทางบก ทางอากาศและยังสามารถบอกได้ว่ากองกำลังทหารอยู่ ณ ที่ใดของสนามรบและนั่นก็เป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตคิดค้นระบบวิธีการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งระบบ GPS จะขัดแย้งกับ ระบบ TRANSIT คือระบบ GPS ให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ต่อเนื่องและให้ความถูกต้องและแม่นยำกว่าระบบเดิมซึ่งได้ผลิตให้ดาวเทียมมีความทันสมัย (Modernization)

และเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างๆจนถึงปัจจุบันดาวเทียม GPSได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วถึง 4 รุ่น คือ

1) รุ่นที่ 1 เรียกว่า Block I
2) รุ่นที่ 2 เรียกว่า Block II/IIA
3) รุ่นที่ 3 เรียกว่า Block IIR
4) รุ่นที่ 4 เรียกว่า Block IIF

2.2.6.3 คุณลักษณะบางประการของดาวเทียม (GPS Satellites)

ชื่อ :	NAVSTAR
บริษัทที่ผลิต :	Rockwell International
น้ำหนัก :	930 kg. (In Orbit)
วงโคจร :	12 ชั่วโมง/รอบ
ขนาด :	5.1 m.
ความเร็วในการโคจร :	4 km/sec
สัญญาณที่ส่ง :	1575.42 MHz and 1227.60 MHz
เครื่องรับสัญญาณ :	1783.74 MHz
นาฬิกา :	2 Cesium and 2 Rubidium
อายุการใช้งาน :	7.5 year (Later Model BlockIIR 10 Years)

รูปที่ 2.27 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.4 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS

จากรูปที่ 2.27 แสดงองค์ประกอบของดาวเทียม GPS สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ส่วนศูนย์ควบคุมกลาง (Control Station Segment) ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมระบบและบัญชาการการทำงานของระบบ GPS รวมไปถึงการตรวจตราดูความเรียบร้อยของระบบ ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศเมือง Colorado Spring สหรัฐอเมริกา และศูนย์ควบคุมกลางประกอบด้วย

- สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) จำนวน 5 แห่ง กระจายอยู่ตามจุดต่างๆของโลก ได้แก่ Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia และ Colorado Spring

- จานส่งสัญญาณภาคพื้นดิน (Ground Antennas) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 จุด ได้แก่Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein

- ศูนย์บัญชาการ (Master Control Station) ตั้งอยู่ฐานทัพอากาศสหรัฐฯ Schriever AFB รัฐ Colorado

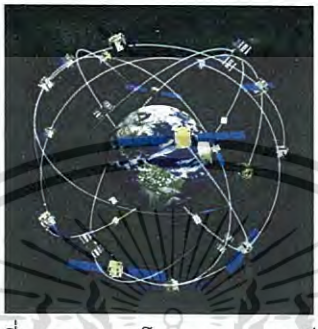
เมื่อสถานีรับสัญญาณจากดาวเทียมมาเพื่อปรับแก้ไขข้อมูลวงโคจร (Ephemeris)และข้อมูลเวลา (Clock Correction) ของดาวเทียมแต่ละดวงแล้วจะทำการส่งข้อมูลวงโคจร(Ephemeris) และข้อมูลเวลา (Clock Data) กลับไปยังดาวเทียม แล้วดาวเทียมก็จะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับการแก้ไขแล้วมาพร้อมกับคลื่นวิทยุมายังเครื่องรับ GPS ดังแสดงในรูปที่ 2.28

รูปที่ 2.28 สถานีควบคุมระบบดาวเทียม GPS 5 แห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ส่วนอวกาศ (Space Segment) จะประกอบด้วย

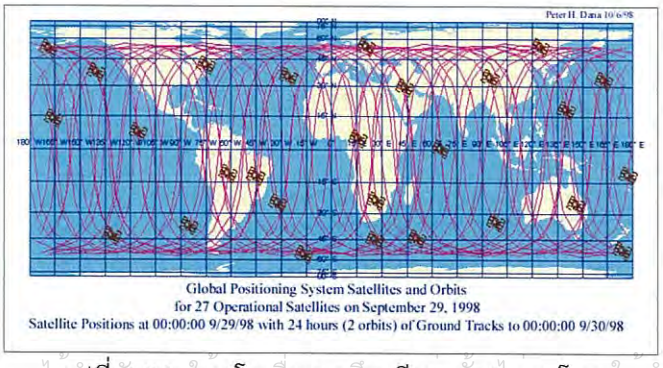
- ดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง แต่ละดวงโคจรรอบโลกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- มีความสูงของวงโคจรอยู่ประมาณ 11,000 ไมล์จากพื้นโลก
- ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอม (Atomic Clock) ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่องซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้องมาก



รูปที่ 2.29 การโคจรของดาวเทียม

โครงสร้างของวงโคจร (Constellation) ในลักษณะนี้ทำให้มีดาวเทียมจำนวน 5 - 8 ดวง ที่เครื่องรับ GPS สามารถรับสัญญาณได้ ณ ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดได้ตลอดเวลาและดาวเทียม GPS จะมีปีกเป็นแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Panels) โดยปกติจะพยายามหมุนตัวให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด ดังนั้นตัวดาวเทียมจะมีการหมุนปรับตัวตลอดเวลาโดยให้ปีกเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ตั้งฉากกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในตัวดาวเทียมยังบรรจุแบตเตอรี่สำหรับให้พลังงานเมื่อดาวเทียม GPS เคลื่อนตัวอยู่ภายในเงาของโลก ดังแสดงในรูปที่ 2.29

ตำแหน่งของดาวเทียมตลอดเวลาจะถูกคำนวณให้เครื่องรับหาตำแหน่ง ของผู้ใช้ที่สามารถรับข้อมูลได้ 50 bps ต่อเนื่องกัน วงโคจรของแต่ละดวงต่อระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยการตั้งElement การโคจรที่ 15 Keplerian พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธ์ฮาร์โมนิคเพิ่มขึ้นจากการรบกวนและแก้ไขทุกๆ 4 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 การโคจรของดาวเทียม GPS รอบโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment) ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้อง กับ ทางทหาร (Military) และทางพลเรือน (Civilian) ซึ่งทางพลเรือนจะได้รับสัญญาณฟรี แต่ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบหาซื้อจานรับ (Antenna) และเครื่องรับ (Receiver) ด้วยตนเอง นโยบายการให้บริการข้อมูล GPS ของรัฐบาลสหรัฐฯ มีดังนี้

Precise Positioning Services : PPS

- ใช้ในการทางทหารเป็นหลัก
- ข้อมูลจะมีการเข้ารหัส เฉพาะผู้ที่มีเครื่องถอดรหัสจึงจะสามารถใช้งานได้
- ความถูกต้องของพิกัด คือ 22 เมตร ในแนวราบ และ 27.7 เมตร ในแนวดิ่ง และ 200 ns (UTC) Standard Positioning Services: SPS
- ใช้ในกิจการพลเรือนเป็นหลัก
- ความถูกต้องลดลงเนื่องจาก Selective Availability (SA)
- ความถูกต้องของพิกัด คือ 100 เมตร ในแนวราบ และ 156 เมตร ในแนวดิ่ง และ 340 นาโนวินาที (UTC)

2.2.6.5 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS

โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Receiver) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1) ตัวเครื่อง (Body)
2) ส่วนให้พลังงาน (Power Supply)
3) ส่วนเสาอากาศ (Antenna)

2.2.6.6 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS

เครื่องรับสัญญาณ GPS แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม

1) เครื่องรับแบบเรียงลา ดับสัญญาณดาวเทียม ได้แก่

- Starved-Power Single Receivers เครื่องแบบนี้ออกแบบให้พกพาได้ และสามารถทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองครั้งใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว ข้อเสีย คือ ความถูกต้องของ GPS ไม่ดี และต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้ และไม่สามารถใช้วัดหาความเร็วได้

- Single Channel Receivers เป็นเครื่องรับสัญญาณห้องเดียวใช้ทำงานหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนคือเครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐานไม่จำกัดที่กำลังไฟ ดังนั้นจึงทำการรับต่อเนื่องได้ มีผลทำให้ความถูกต้องสูงกว่า และใช้วัดหาความเร็วได้

- Fast-Multiplexing Single Receivers เครื่องรับนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วกว่ามาก ข้อดีคือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทา งานได้อย่างต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงจึงมีผลต่อเครื่องประเภทนี้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Two-Channel Sequencing Receivers การเพิ่ม ช่องรับสัญญาณขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่ม ขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

2) Continuous Receivers ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันทีหรือต้องการความถูกต้องสูงนอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่อง

2.2.6.7 หลักการทา งานของ GPS

หลักการพื้นฐานของ GPS เป็นเรื่องง่ายๆ แต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง การทำงาน GPS คือ

1) อาศัยหลักพื้นฐานของ GPS: Satellites Triangulation คือ อาศัยตำแหน่งของดาวเทียมในอวกาศเป็นจุดอ้างอิง แล้ววัดระยะจากดาวเทียม 4 ดวง และใช้หลักการทางเรขาคณิตในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก

2) วัดระยะทางระหว่างเครื่องรับ GPS กับดาวเทียม GPS โดยการวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจาก ดาวเทียมสู่เครื่องรับใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ

- สูตร: ระยะทาง = ความเร็ว×เวลาที่ใช้เดินทาง
- คลื่นวิทยุ: ความเร็ว = 186,000 ไมล์ต่อนาที
- การวัดระยะเวลาในการเดินทาง คือ โดยการเทียบกันของคลื่นสัญญาณที่ดาวเทียมส่งมากับคลื่นสัญญาณที่เครื่องรับ GPS ส่งมา ส่วนคลื่นที่ใช้ในการส่งจะเป็น Pseudo Random Noise Code

3) การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการ เดินทางของ GPS จะต้องใช้นาฬิกาที่แม่นยามากถ้า PRN Code จากดาวเทียมมีข้อมูลเวลาที่คลื่นเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียมเมื่อคลื่นสัญญาณจากดาวเทียมและคลื่นสัญญาณจากเครื่องรับ GPS สอดคล้องกัน (Synchronize) และจะต้องใช้Atomic Clock ในการวัดเวลา ส่วนเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะสั้นมากประมาณ 0.06 วินาที คือเวลาของเครื่องรับ GPS * เวลาของดาวเทียม ส่วนการบอกตำแหน่ง GPS ยังเป็นเวลาที่มีความแน่นอนถึง10 นาโนวินาทีหรือดีกว่า

4) ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียม GPS ที่แน่นอนในอวกาศ

- วงโคจรสูงมากประมาณ 11,000 ไมล์
- วงโคจรอาจคลาดเคลื่อน (Ephemeris Errors) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์
- สถานีควบคุมจะใช้เรดาร์ตรวจสอบการโคจรของดาวเทียม GPS ตลอดเวลาแล้วส่งข้อมูลไปปรับแก้ข้อมูลวงโคจรและเวลาของดาวเทียม เมื่อข้อมูลได้รับการปรับแก้แล้วจะถูกส่งมายังเครื่องรับ GPS

5) ต้องแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดินทางของคลื่นวิทยุมาสู่โลก สาเหตุที่ของความคลาดเคลื่อน (GPS Errors) ของค่าพิกัดที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เกิดจากการเดินทางสู่ชั้นบรรยากาศ Ionosphere จะมีประจุไฟฟ้า และชั้น Troposphere จะมีทั้งความชื้นอุณหภูมิ ความหนาแน่นที่แปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลาใน

- การสะท้อนของคลื่นสัญญาณไปในหลายทิศทาง (Multipath Error) ซึ่งที่ผิวโลกคลื่นสัญญาณต้องกระทบกับวัตถุ ก่อนถึงเครื่อง รับ GPS จะทา ให้มีการหักเหและสัญญาณจะอ่อน

- ปัญหาที่เกิดจากดาวเทียม (Check Error, Ephemeris Error) อาจเกิดจากวงโคจรคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์หรืออาจจะเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเพียงเล็กน้อยจะทา ให้การคำนวณระยะทางผิดพลาดได้มาก เนื่องจากดาวเทียมอยู่สูงมาก

- ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างตำแหน่งของดาวเทียมและตำแหน่งของเครื่องรับ GPS ซึ่งจะคำนวณเป็นค่า GDOP = Geometric Dilution of Precision ซึ่งเนื่องจากลักษณะการวางตัวของดาวเทียม และ GDOP มีส่วนประกอบคือ

- อาจจะเกิดจากความผิดพลาดอื่นๆเช่น ความผิดพลาดของคอมพิวเตอร์หรือ มนุษย์ที่ควบคุมสถานี 1 เมตร ถึง 100 เมตร ซึ่งผิดพลาดได้มาก หรือ ความผิดพลาดของเครื่องรับ GPS, Software, Hardware, ผู้ใช้ซึ่งความผิดพลาดนี้ไม่แน่นอน

2.2.6.8 ข้อดีของระบบ GPS

1) รู้ทุกเส้นทางที่รถไปมา รวมถึงวัน เวลา ความเร็ว ทิศทาง ระยะทางทั้งหมด

2) ใช้ได้ทั้งการคมนาคมทั้งทางบก ทางน้า หรือในอวกาศ

3) ประหยัดรายจ่ายและค่าน้ำมัน เพิ่มเที่ยวขนส่งงานโดยไม่เพิ่มจำนวนรถ

4) ไม่มีค่าใช่จ่ายรายเดือน

5) ไม่มีค่าใช้จ่ายอื่นๆอีกเลย ในการใช้งาน แล ะสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุดถึง13,000 ครั้งต่อวัน (ซึ่งระบบ Real-Time ทำไม่ได้)

6) เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจได้ดี ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบติดตามยานพาหนะ BG-FLEET Management

2.2.6.9 ข้อเสียของระบบ GPS

1) เครื่องรับสัญญาณบางประเภทราคาแพง

2) รางถ่านบางประเภทอาจมีปัญหา ถ้านาไปชี่จักรยานอาจจะดับได้ง่ายๆ แต่สามารถแก้ไขได้โดยการโมรางถ่านนิดหน่อย

3) อาจเกิดปัญหาที่เกิดจากดาวเทียม (Check Error, Ephemeris Error) อาจเกิดจากวงโคจรคลาดเคลื่อน เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์หรืออาจจะเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเพียงเล็กน้อยจะทำให้การคำนวณระยะทางผิดพลาดได้มากเนื่องจากดาวเทียมอยู่สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (PC) ได้และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณา ความแข็งแรงทนทานถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเลหรือในพื้นที่ป่าเขาการใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่

2.3 ทฤษฎีและหลักการของเครื่อง GPRS Module (GR64)

2.3.1 ทฤษฎีของ GPRS

เทคโนโลยี GPRS (General Packet Radio Service) เนื่องจากเทคโนโลยี HSCSD นั้นถือเป็นเพียงทางออกชั่วคราว เป็นทางเลือกแก้ขัดสำหรับเปิดบริการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ด้วยอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล 14.4 กิโบบิตต่อวินาที ผ่านเครือข่าย GSM ซึ่งถือว่าเป็นอัตราเร็วที่ไม่สูงมากนักประกอบกับทั้งรูปแบบในการบันทึกและคิดค่าใช้บริการเชื่อมต่อวงจรเพื่อรับส่งข้อมูลเป็นแบบสวิตช์วงจร (Circuit Switched) ที่มักถูกมองว่าไม่เป็นธรรมต่อผู้ใช้บริการ GPRS ถือเป็นผลงานชิ้นเอกของ ETSI (European Telecommunication Standard Institute) ซึ่งเป็นองค์กรทางโทรคมนาคมในยุโรปที่กำเนิดมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM โดย GPRS เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เพื่อการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 171.2 กิโลบิตต่อวินาที หัวใจสำคัญของเทคโนโลยี GPRS ก็คือการนำเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเกต (Packet Switched) มาผสมผสานกับการทำงานแบบสวิตช์วงจรเครือข่าย GSM ทั้งนี้มีการปรับปรุงมาตรฐานการสื่อสารทางคลื่นวิทยุระหว่างสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM โดยเน้นว่าสถานีฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วจะต้องสามารถรองรับบริการทั้งกับเครื่องลูกข่ายแบบ GSM ทั่วไปและเครื่องลูกข่ายที่สนับสนุนเทคโนโลยี GPRS ได้พร้อมๆกัน

เทคโนโลยี EDGE (Enhance Data Rates for Global Evolution) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการคิดค้นและพัฒนาขึ้นจากหน่วยงาน ESTI โดยมีการกำหนดเป้าหมายให้เป็นก้าวต่อไปในการพัฒนาการทางเทคนิคสำหรับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เพื่อรองรับการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่สูงขึ้นถึง 384 กิโลบิตต่อวินาที อย่างไรก็ตามในการพัฒนาเครือข่าย GSM หรือ GPRS ให้รองรับเทคโนโลยี EDGE จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนที่สูงมาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนอุปกรณ์รับส่งสัญญาณวิทยุของสถานีฐานในเครือข่ายใหม่ทั้งหมด ประกอบกับช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับความพร้อมของเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 3 ซึ่งมีความสามารถในการบริการสูงกว่า EDGE ที่เป็นเพียงการขยายขีดความสามารถของโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เท่านั้น จึงมีการจับตามองมากกว่า EDGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access 2000) ระยะที่ 1 เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 2 แล้ว มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA หรือ IS-95 ก็นับเป็นมาตรฐานที่ได้รับการนำไปใช้งานเชิงธุรกิจมากเป็นอันดับที่สองรองลงมาจากมาตรฐาน GSM การก้าวเข้าสู่ยุคที่ 2.5 ของมาตรฐานเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA นั้นมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลอัตราเร็วสูง (High Speed Data หรือ HDR) ที่มีชื่อว่า 1XRTT โดยในรายละเอียดการกำหนดรูปแบบของการรับส่งข้อมูลนั้นทำได้หลายลักษณะ

1) ข้อกำหนดพื้นฐานของมาตรฐานการสื่อสารแบบ GPRS

ก่อนที่จะกล่าวถึงโครงสร้างทางเทคนิคและการทำงานต่างๆภายในเครือข่าย GPRS ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มเติมจากมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ขอนำเสนอเรื่องราวของข้อกำหนดพื้นฐาน GPRS โดยจะนำข้อกำหนดและคุณสมบัติที่สำคัญมากล่าวถึง สิ่งที่ควรทราบเป็นอันดับแรกก็คือหน่วยงาน ETSI ได้ทำการออกแบบข้อกำหนด GPRS โดยกำหนดให้มีการแบ่งช่วงเวลาในการเปิดใช้ขีดความสามารถต่างๆออกเป็น 2 ระยะด้วยกัน แต่ละระยะจะมีขีดความสามารถใหม่ๆที่ได้รับการนำเสนอตามรายละเอียดต่อไปนี้

ระยะที่ 1 (Phase 1): สนับสนุนขีดความสามารถต่างๆต่อไปนี้ การรับส่งข้อมูลข่าวสารของผู้ใช้บริการจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งใช้ขีดความสามารถในการสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM/GPRS ตามข้อกำหนดโปรโตคอลมาตรฐาน TCP/IP และ X.25 มีการระบุอ้างอิงเพื่อเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างเครื่องลูกข่าย GPRS แต่ละรุ่น เพื่อประโยชน์ในการใช้บริการรับส่งข้อมูล (จะกล่าวถึงอีกครั้งหนึ่ง) มีการสร้างอัลกอริทึมสำหรับเข้ารหัสข้อมูลสัญญาณข่าวสารต่างๆนอกเหนือไปจากอัลกอริทึมแบบ A5 ที่มีการใช้งานแบบปกติในเครือข่าย GSM สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณเสียงพูด รองรับการคิดค่าใช้บริการสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละราย โดยวัดจากปริมาณข้อมูลที่มีการรับส่ง (Volume-Orient Charging)

ระยะที่ 2 (Phase 2) : มีการเพิ่มเติมขีดความสามารถใหม่ๆให้กับเครือข่าย GSM/GPRS เพิ่มการรับส่งข้อมูลแบบกระจายจากจุดหนึ่งหรือผู้ใช้บริการรายหนึ่งไปสู่หลายๆจุดหรือผู้ใช้บริการหลายๆรายสนับสนุนรูปแบบการใช้งานพิเศษสำหรับบริการประยุกต์ซึ่งมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลทั้งชนิดจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และจุดหนึ่งไปยังอีกหลายๆจุด นอกเหนือไปจากการใช้งานโดยทั่วไปของผู้ใช้บริการตัวอย่างเช่น การกระจายข่าวรายงานจราจร เพิ่มความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ISDN (Integrated Service Digital Network) เพื่อการรับส่งข้อมูลแบบแพ็กเกตเพิ่มรูปแบบการให้บริการใหม่ๆ ซึ่งอยู่ในระหว่างการวางข้อกำหนดทางเทคนิคโดย ETST คุณสมบัติที่สำคัญในการเปิดให้บริการสำหรับผู้ใช้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามมาตรฐาน GPRS

การจัดแบ่งประเภทของเครื่องลูกข่าย ซึ่งหน่วยงาน ETSI มีการกำหนดแบ่งประเภทเครื่องลูกข่าย GPRS ออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะการทำงานทางเทคนิคดังนี้เครื่องลูกข่ายคลาส A เป็นเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สนับสนุนการสื่อสารทั้งเสียง (ผ่านวงจรเชื่อมต่อแบบสวิตช์วงจร) บนมาตรฐาน GSM และการสื่อสารข้อมูล (ผ่านวงจรเชื่อมต่อแบบแพ็กเกตสวิตช์) บนมาตรฐาน GPRS ได้พร้อมๆในเวลาเดียวกันเครื่องลูกข่ายคลาส B เป็นเครื่องลูกข่ายที่สามารถ " ลงทะเบียน" (Registration) ในระบบฐานข้อมูลของเครือข่าย GSM และ GPRS ได้ในเวลาเดียวกัน ในการใช้บริการเครื่องลูกข่ายคลาส B นั้นผู้ใช้บริการจะไม่สามารถทำการเชื่อมต่อวงจรสื่อสารเพื่อการสนทนาและเชื่อมต่อวงจรสื่อสารข้อมูลผ่านบริการ GPRS ได้พร้อมๆกันในเวลาเดียวกัน เครื่องลูกข่ายคลาส C เป็นเครื่องลูกข่ายที่สามารถลงทะเบียนเลขหมายของตัวเองได้ในระบบฐานข้อมูลเครือข่าย GSM และ GPRS ได้พร้อมๆกัน

3) โครงสร้างของเครือข่ายโทรศัพท์ GPRS

แนวคิดของการวางเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS เกิดขึ้นบนพื้นฐานของการใช้โครงสร้างที่มีอยู่เดิมของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ในการเพิ่มขยายขีดความสามารถในการรับส่งข้อมูลในรูปแบบแพ็กเกต ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารที่ไม่มีอยู่บนเครือข่ายโทรศัพท์ GSM จึงจำเป็นจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายเพิ่มเติมทั้งที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสวิตช์แพ็กเกต และการปรับแต่งขีดความสามารถของเครือข่ายสถานีฐาน (Base Station Subsystem หรือ BSS) ให้สามารถรับส่งข้อมูลแบบสวิตช์แพ็กเกตผ่านความถี่วิทยุ เพื่อติดต่อไปยังเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ได้อย่างถูกต้อง โครงสร้างเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ที่ได้รับการปรับปรุงเพิ่มความสามารถขึ้นเพื่อรองรับเทคโนโลยี GPRS พร้อมทั้งแสดงอุปกรณ์ที่จำเป็นจะต้องมีการติดตั้งเพิ่มเติม อันมีรายละเอียดและหน้าที่การทำงานดังนี้

Serving GPRS Support Node หรือ SGSN ทำหน้าที่ในลักษณะเดียวกับ MSC ซึ่งเป็นชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ของเครือข่าย GSM ต่างกันที่อุปกรณ์ MSC มีรูปแบบการเชื่อมต่อวงจรสื่อสารแบบสวิตช์วงจร ในขณะที่อุปกรณ์ SGSN มีการรับส่งข้อมูลในรูปแบบแพ็กเกต

Gateway GPRS Support Node หรือ GGSN ทำหน้าที่คล้ายคลึงกับชุมสายเกตเวย์ (Gateway MSC หรือ GMSC) ซึ่งเป็นปากทางในการเชื่อมต่อวงจรสื่อสารบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM กับเครือข่ายโทรศัพท์ภายนอก โดยอุปกรณ์ GGSN จะเป็นปากทางในการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายนอก ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายเฉพาะองค์กร (Private Date Network) หรือเครือข่ายสาธารณะ เช่น เครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packet Control Unit หรือ PCU เป็นอุปกรณ์เสริมที่ได้รับการออกแบบสร้างขึ้นสำหรับเพิ่มขีดความสามารถให้กับเครือข่ายสถานีฐานของเครือข่าย GSM ที่มีอยู่ตามในการแยกข้อมูลที่อยู่ในรูปของการสื่อสารแบบแพ็กเกตไปยังอุปกรณ์ SGSN สำหรับข้อมูลการสนทนาที่อยู่ในรูปแบบของการเชื่อมต่อแบบสวิตช์วงจรก็จะยังมีการรับส่งโดยตรงระหว่างเครือข่ายสถานีฐานกับอุปกรณ์ MSC ตามปกติ

GPRS Register หรือ GR เป็นส่วนขยายซึ่งอยู่ในรูปของระบบฐานข้อมูล ที่จะต้องได้รับการขยายเพิ่มเติมขึ้นในอุปกรณ์ HLR ของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM โดย GR เป็นฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าจะต้องเป็นผู้ใช้บริการที่มีการละทะเบียนไว้ในอุปกรณ์ HLR ในฐานะของผู้ใช้บริการ GSM การเพิ่มเติมส่วนขยายของฐานข้อมูล HLR ซึ่งถือเป็นการเพิ่มเติมในด้านของซอฟต์แวร์จึงถือเป็นแนวทางในการพัฒนาเครือข่าย GSM ไปเป็นเครือข่าย GPRS ที่เหมาะสมที่สุด

Domian Name Server หรือ DNS เป็นอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่ในการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชื่อของเว็บไซต์หรือแอดเดรสของเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ URL ทั้งที่อยู่ในเครือข่าย GPRS หรือในเครือข่ายภายนอกกับเลขหมายแอดเดรส IP เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่มีการติดตั้งใช้งานอยู่มั่วไปภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

Dynamics Host Control Protocol Server หรือ DHCP เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เซิฟเวอร์ใช้สำหรับการกำหนดจัดสรรเลขหมายแอดเดรส IP ให้กับผู้บริการ GPRS แบบชั่วคราว

Firewall เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่มีการติดตั้งใช้งานในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วไปทำหน้าที่ควบคุมดูแลและป้องกันการรับและส่งข้อมูลในรูปแพ็กเกตหรือ IP ผ่านกฎเกณฑ์ที่มีการกำหนดไว้ภายในตัวอุปกรณ์ Firewall

4) เริ่มต้นการสื่อสารข้อมูล

ในภาวการณ์แสดงตัว (Attach) นั้นเครื่องลูกข่ายเพียงแต่ผ่านการทดสอบตามเงื่อนไข 3 ประการที่กล่าวถึงข้างต้นเพื่อให้อุปกรณ์ SGSN ทราบว่าเครื่องลูกข่ายนั้นๆอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะสื่อสารข้อมูลแล้ว และสามารถติดตามพร้อมทั้งปรับปรุงตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่ายได้ตลอดเวลาแต่เมื่อเครื่องลูกข่าย GPRS ที่อยู่ในภาวการณ์แสดงตัวนั้นต้องทำการสื่อสารข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย GPRS ไปยังเครือข่ายภายนอกหรือไปยังเครื่องลูกข่าย GPRS เครื่องอื่นไปยังเครือข่ายเดียวกัน หรือเป็นการรับข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องลูกข่ายอื่นหรือเครือข่ายภายนอก กระบวนการกำหนดแอดเดรส PDP ก็จะเป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นเป็นอันดับแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเครื่องลูกข่าย GPRS แต่ละเครื่องอยู่ในภาวะแสดงตัว พร้อมกับได้รับแอดเดรส PDP แล้วก็ถือว่าเครื่องลูกข่ายดังกล่าวพร้อมที่จะทำการรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายที่มีการจับใช้งานอยู่ การส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายภายนอก (ซึ่งอาจเป็นเครือข่าย IP หรือ X25)ผ่านอุปกรณ์ GGSN และ SGSN ไปสู่เครื่องลูกข่าย GPRS เครื่องหนึ่งเริ่มจากการที่อุปกรณ์ GGSN ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายภายนอกทำการรับข้อมูลซึ่งมีการระบุแอดเดรส PDP ของเครื่องลูกข่ายปลายทางในก้อนแพ็กเกตข้อมูลแต่ละก้อน จากนั้น GGSN ก็จะทำการส่งผ่านแพ็กเกจทั้งหมดไปยังอุปกรณ์ SGSN ที่ทำให้เครื่องลูกข่ายปลายทางมีการแสดงตัวตนอยู่ ในทางกลับกันในการส่งข้อมูลลูกข่ายไปยังคอมพิวเตอร์ภายนอกก็จะเริ่มต้นจากการส่งก้อนแพ็กเกจข้อมูลผ่านอุปกรณ์ SGSN ที่เครื่องลูกข่ายมีการแสดงตัวด้วย ซึ่ง SGSN จะทราบว่าต้องส่งแพ็กเกจเหล่านั้นไปยังอุปกรณ์ GGSN ใด (ในกรณีที่มีอุปกรณ์ GGSN หลายชุดภายในเครือข่าย) โดยดูจากข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์ GGSN ที่มีการระบุไว้ในข้อมูล PDP

2.3.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการส่งข้อความสั้น (Short Message Service)

2.3.2.1 ความหมายของ SMS (Short Message Service)

SMS หรือ การส่งข้อมูลความสั้นโดยลักษณะของการส่งข้อความสั้นจะมีลักษณะคล้ายกับการส่งข้อความไปยังเพจเจอร์ คือผู้ใช้สามารถส่งข้อความไปยังผู้รับ โดยที่ผู้รับสามารถกดอ่านได้จากเครื่องโทรศัพท์มือถือได้ทันทีข้อดีของ SMS ที่ทำให้ต่างกับเพจเจอร์ก็คือ ผู้ใช้หรือผู้ที่ต้องการส่งข้อความสามารถพิมพ์ข้อความได้เองจากโทรศัพท์มือถือ และสามารถส่งไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้รับได้ทันที

SMS เป็นบริการมาตรฐาน ในการรับส่งข้อความระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และอุปกรณ์อื่นๆสามารถส่งในรูปแบบของตัวเลข, ตัวอักษร และสัญลักษณ์ต่างๆ SMS ได้ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกให้ทำงานร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิตอลระบบ GSM โดยข้อความแรกได้ถูกส่งในเดือนธันวาคม 1992 จากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปสู่เครื่องโทรศัพท์บนโครงข่าย GSM, CDMA และ TDMA สำหรับการส่ง SMS ภาษาไทยจะส่งได้ 70 ตัวอักษร ภาษาอังกฤษส่งได้ 160 ตัวอักษร

เนื่องจากการรับ-ส่ง SMS เป็นเทคนิคการสื่อสารที่ไม่จำเป็นต้องใช้การสร้างวงจรสนทนา (Call Set-up)

จึงทำให้สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ในขณะที่กำลังสนทนาอยู่หรือในขณะที่เปิดเครื่องทิ้งไว้เฉยๆ บริการ SMS เป็นบริการที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน บริการ SMS มีรายละเอียดดังนี้ตามตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของ SMS

Feature	SMS
Store and Forward (non real time)	Yes
Confermation of message delivery	Yes
Communication Type	Person to Person
Media Supported	Text plus binary
Protocols	SMS Specific e.g.SMPP
Configuration	Simple telephone number
Platforms	SMS Center
Principle Application	Simple person to person
User behavior	Discrete

การบริการ SMS ไม่ใช่บริการแบบ Real Time เนื่องจากการรับส่งข้อความต้องส่งผ่าน Platform กลางคือ Short Message Center หรือ SMS-C ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ผู้ใช้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ติดตั้งไว้เพื่อให้บริการรับ-ส่งข้อความผ่านทางเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปสู่เครื่องลูกข่ายเครื่องอื่นๆได้

1) หลักการทำงานของ SMS

SMS เป็นเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลแบบเก็บและส่งต่อ (Store and Forward) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและส่งต่อข้อมูลว่า Short Message Service Center (SMS-C)

การใช้งาน SMS กระทำได้โดยเมื่อผู้ส่งต้องการส่งข้อความสั้น (จำนวนมากสุด 160 ตัวอักษร) ก็จะทำการป้อนข้อความผ่านปุ่มกดของโทรศัพท์มือถือพร้อมทั้ง ระบุเลขหมายปลายทางที่ต้องการจะส่งไปด้วยแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเครื่องลูกข่ายที่ต้องการจะส่ง SMS จะต้องระบุเลขหมายของ SMS-C ก่อนจึงจะทำการส่งข้อความได้ ซึ่งเลขหมายของ SMS-C นี้ถูกกำหนดโดยผู้ให้บริการเครือข่าย ข้อความที่ผู้ส่งส่งไปจะถูกเก็บไว้ที่ SMS-C ก่อน SMS-C จะทำการตรวจสอบกับหมายเลขปลายทางกับ HLR ว่าเลขหมายปลายทางอยู่ที่ไหนในเครือข่ายเมื่อทราบแล้ว SMS-C ก็จะส่ง SMS ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางกรณี SMS ระบุเลขหมายปลายทางเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่นอกเครือข่าย เช่นส่งจาก DTAC ไปยัง AIS ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้นทางในเครือข่าย DTAC(MSC) จะตรวจสอบจากหมายเลขปลายทาง และเมื่อทราบว่าจุดหมายปลายทางเป็นหมายเลขของ AIS ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MSC) ของ DTAC จะส่ง SMS ดังกล่าวไปลงที่ SMS-C ของ AIS โดยตรง

2) รูปแบบการให้บริการของผู้ให้บริการเครือข่าย (Operator) ในปัจจุบัน รูปแบบการให้บริการของ Operator หรือผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบันมี 2 ลักษณะคือ Bulk SMS และ CPA SMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bulk SMS การทำงานผ่าน Operator SMS Platform เป็นการให้บริการ SMS ในลักษณะองค์กร (Corporate Short Message Service) ลักษณะการใช้งานของ Bulk คือ การส่งจากผู้ส่ง (องค์กร) ไปยังผู้รับ (ลูกค้า) ซึ่งมีได้ 2 ลักษณะคือ One-to-One (ส่งข้อความรายบุคคล) และ One-to-Many (ส่งข้อความจากต้นทางเดียวถึงปลายทางในเวลาเดียวกัน) การเรียกเก็บเงินจะเรียกเก็บเงินกับองค์กรที่ใช้บริการ

CPA SMS การทำงานผ่าน Content Provider Access Platform (CPA Platform) เป็นการบริการที่ Operator (ผู้ให้บริการเครือข่าย AIS, DTAC, TA, Orange) สร้าง Model Service เองหรือเปิดโอกาสให้ตัวแทน (Agents) ที่มีความพร้อมในเรื่องของการสร้าง Model Service หรือที่เรียกว่า Content Provider นำเสนอโครงการให้ Operator พิจารณา เพื่อดำเนินธุรกิจร่วมกัน (Co-partner) โดย Operator จะเป็นผู้ดำเนินการเก็บค่าบริการให้ ซึ่งการแบ่งส่วนของรายได้ระหว่าง Operator กับตัวแทน ส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะเป็นอัตราส่วนในลักษณะ 50:50 หรือตามที่ตกลง โดยจะเรียกเก็บเงินกับลูกค้าที่ใช้บริการ

2.3.2.2 โหมดการรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูล SMS มีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือ เท็กซ์โหมด (Text Mode) และพีดียูโหมด (PDU : Protocol Description Unit) การส่งข้อมูลในเท็กซ์โหมดนั้น จะเป็นการนำเอาข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน แล้วค่อยส่งข้อมูลในพีดียูโหมดอีกที อย่างไรก็ตามในมือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนการใช้งานในเท็กซ์โหมด ซึ่งการเข้ารหัส (ส่ง) ถอดรหัส (รับ) สำหรับในเท็กซ์โหมดนี้มีหลายแบบด้วยกัน เช่น “PCCP437”, “PCDN”, “8859-1”, “IRA”, และ ”GSM” เมื่อเราเชื่อมต่อกับมือถือเพื่อจะอ่านข้อความจากจอมือถือซึ่งตัวมือถือจะเลือกการถอกรหัสที่เหมาะสมให้เองโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อกับมือถือเพื่อรับส่งข้อความสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 โหมดแต่จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้เท็กซ์โหมดจะมีข้อจำกัดทั้งจากการที่มือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนและถูกจำกัดด้วยวิธีการเข้าและถอดรหัส ซึ่งมีเพียงไม่กี่แบบดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นในบางกรณีอาจไม่สะดวกนัก แต่ถ้าเลือกพีดียูโหมดจะสามารถเลือกหรือสร้างการเข้ารหัสและถอดรหัสได้ทุกรูปแบบตามต้องการโดยไม่มีข้อจำกัด ซึ่งในหัวข้อนี้จะพูดถึงเฉพาะพีดียูโหมดเท่านั้น

1) Protocol Description Unit PDU (Protocol Description Unit) คือรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการส่ง SMS โดยนำข้อมูลดิจิตอลมาเข้ารหัสเพื่อที่ใช้ในการส่งผ่าน Air Interface PDU CODE ของ SMS ใน PDU MODE ประกอบด้วยเลขฐาน 10 และเลขฐาน 16 โดยตัวเลขแต่ละคู่เรียกว่า Octet การรับ-ส่ง SMS ในแบบ PDU MODE จะมีส่วนประกอบและโครงสร้างที่แตกต่างกันดังนี้

การรับ-ส่งข้อความ SMS ภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานนี้เราจะให้การส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียูซึ่งรูปแบบการจัดรูปแบบนั้นจะซับซ้อนกว่าแบบโหมดตัวอักษรมาก แต่การส่งแบบพีดียูนี้เราสามารถใช้ได้กับโทรศัพท์มือถือทุกรุ่นโดยการส่งข้อความตัวอักษรแบบโหมดพีดียูมีรายละเอียดดังนี้คือ หัวข้อของชุดข้อมูลสำหรับส่ง ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้นกับส่วนของชุดข้อความ (Transfer Protocol Unit : TPDU) โดยทั้งสองส่วนจะมีลักษณะเป็นเลขฐานสิบหกซึ่งจะวางลำดับดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของชุดข้อมูลในการส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู

หัวข้อของชุดข้อมูล (Heading : Cr)	ส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้น	ส่วนของชุดข้อความ (TPDU)	บิตหยุด (Stop bit : Ctrl-Z)

ในส่วนของชุดข้อความจะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของส่วนข้อความสั้นที่จะส่ง โดยถ้าเราต้องการที่จะส่งเป็นข้อความจะต้องจัดรูปแบบเรียงตามนี้ คือ

1) โปรโตคอลพารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้ส่งแบบใดกรณีนี้ส่งแบบ TPDU=0x00

2) ตัวเลขอ้างข้อความในกรณีที่มีข้อความหลายๆข้อความ เราสามารถจัดลำดับข้อความโดยใช้ตัวเลขอ้างข้อความได้ (มีค่าปกติ = 0x00)

3) ความยาวของเบอร์โทรศัพท์ของมือถือของหมายเลขปลายทาง

4) รูปแบบของเบอร์โทรศัพท์มือถือของหมายเลขปลายทาง ซึ่งจะเป็นตัวบอกลักษณะของเบอร์โทรศัพท์มือถือที่เราต้องการส่งข้อความไปให้ โดยการส่งแบบสากลจะใช้ค่า = 0x91

5) หมายเลขโทรศัพท์มือถือของหมายเลขปลายทางที่ต้องการจะส่ง โดยหมายเลขโทรศัพท์นี้จะมีการเข้ารหัสแบบสลับ (Nipple Swapped)

6) ตัวเลขรูปแบบหลายชุดข้อมูล

ลักษณะการเข้ารหัสของข้อมูล คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าเราจะส่งเป็นภาษาใด (มาตรฐานคือระบบ GSM)

7) ความยาวของข้อความที่ต้องการส่ง (ก่อนเข้ารหัส)

8) ข้อความที่ต้องการส่ง (หลังเข้ารหัส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าการส่งแบบโหมดพีดียูมีการเข้ารหัสที่ซับซ้อน เช่นการเข้ารหัสสลับและการเข้ารหัสของชุดข้อความที่จะส่ง โดยการเข้ารหัสสลับมีลักษณะดังนี้ โดยจะทำการสลับเบอร์โทรศัพท์ที่ติดกันเป็นคู่ๆและถ้าเหลือเศษจากนั้นก็จะเติมค่า F เข้าไปก่อนรหัสตัวสุดท้าย เช่น เบอร์โทรศัพท์คือ 123456789 เมื่อเข้ารหัสสลับแล้วจะกลายเป็น 21436587F9 ส่วนการเข้ารหัสของชุดข้อความจะต้องทำการแปลงข้อความที่เป็นแอสกี้มาเป็นเลขฐานสองจากนั้นก็ทำการเข้ารหัส

ส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้นจะเป็นส่วนที่กำหนดเครือข่ายการใช้บริการว่าจะใช้บริการผ่านศูนย์ ส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้นใดๆจะประกอบด้วยส่วนย่อยดังนี้คือ

1) ความยาวของเบอร์ศูนย์บริการ

2) รูปแบบของเบอร์ศูนย์บริการ (ส่งแบบสากลจะใช้ค่า = 0x91)

3) เบอร์ศูนย์บริการโดยจะมีการเข้ารหัสแบบสลับ

เมื่อผู้รับได้รับข้อความสั้นที่มีการส่งแบบโหมดพีดียูรูปแบบของข้อความจะอยู่ในลักษณะของโหมดพีดียูเราจำเป็นต้องศึกษาถึงรูปแบบของข้อความที่ได้รับดังนี้ คือข้อความที่ได้รับนี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือของส่วนของศูนย์บริการของข้อความสั้นกับส่วนของชุดข้อความโดยทั้งสองส่วนจะมีลักษณะเป็นเลขฐานสิบหกซึ่งจะเหมือนกับการส่ง แต่ชุดข้อมูลบางชุดเพิ่มเติมเข้ามา คือ เวลาวันเดือนปีที่ได้รับข้อความ และเบอร์โทรศัพท์ของผู้ส่งดังนี้

1) ความยาวของเบอร์ศูนย์บริการ

2) รูปแบบของเบอร์ศูนย์บริการ

3) เบอร์ศูนย์บริการ โดยจะมีการเข้ารหัสแบบสลับ

ในส่วนของชุดข้อความก็จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบข้อความที่รับมา โดยในส่วนนี้จะมีส่วนที่แตกต่างจากการส่ง คือ เพิ่มเวลา วันเดือนปีที่ได้รับข้อความ และเปลี่ยนจากเบอร์ที่ต้องการส่งเป็นเบอร์ที่ส่งมาจากต้นทาง โดยมีการจัดรูปแบบดังนี้

1) โปรโตคอลพารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้ส่งเป็นแบบใดกรณีส่งแบบ TPDU=0x01

2) ตัวเลขอ้างข้อความในกรณีที่มีข้อความหลายๆข้อความ เราสามารถจัดลำดับโดยใช้ตัวเลขอ้างข้อความได้ (มีค่าปกติ =0x00)

3) ความยาวของเบอร์โทรศัพท์มือถือหมายเลขปลายทาง

4) รูปแบบของเบอร์โทรศัพท์มือถือของหมายเลขปลายทาง ซึ่งจะเป็นตัวบอกลักษณะของเบอร์โทรศัพท์มือถือที่เราต้องการส่งข้อความไปให้โดยส่งแบบสากลจะใช้ค่า =0x91

5) หมายเลขโทรศัพท์มือถือของหมายเลขปลายทางที่ต้องการจะส่ง โดยหมายเลขโทรศัพท์นี้จะมีการเข้ารหัสแบบสลับ (Nibble Swapped)

6) ตัวแสดงรูปแบบชุดข้อมูล

7) ลักษณะการเข้ารหัสของข้อมูล คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าเราจะส่งเป็นภาษาใด (มาตรฐาน คือ ระบบ GSM)

เอกสารนี้ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) เวลาและวันเดือนปีที่ได้รับข้อความ เช่น 0x99 0x20 0x21 0x50 0x75 0x03 0x21 หมายถึง 12.Feb 1999 05:57:30 GMT+3

9) ความยาวของข้อความที่ต้องการส่ง (ก่อนเข้ารหัส)

10) ข้อความที่ต้องการส่ง (หลังเข้ารหัส)

การส่งข้อความ SMS ภาษาอังกฤษ

โดยปกติการส่งข้อความสั้นนี้เราสามารถกดส่งจากเครื่องโทรศัพท์มือถือของเราโดยเริ่มจากการเขียนข้อความเสร็จแล้วก็จะมีให้เลือกที่จะส่งไปโทรศัพท์หมายเลขใด นอกจากนี้ที่เราต้องกดส่งจากโทรศัพท์มือถือแล้วเรายังสามารถเลือกที่จะส่งข้อความสั้นได้อีกแบบ คือ ในเครื่องโทรศัพท์บางรุ่นที่มีอยู่ในปัจจุบันจะมีพอร์ตอนุกรมซึ่งเราสามารถใช้พอร์ตอนุกรมนี้เป็นตัวเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรเลอร์ได้ พอร์ตอนุกรมที่มีนี้ทำให้เราง่ายในการส่งข้อความสั้นอย่างมาก คือ เราไม่จำเป็นต้องกดปุ่มที่เครื่องโทรศัพท์มือถือเพียงแค่เราส่งชุดคำสั่งเป็นรหัสแอสกี้เข้าไปทางพอร์ตอนุกรมนี้เราสามารถสั่งงานให้เครื่องโทรศัพท์มือถือส่งข้อความสั้นได้

ตัวอย่างการส่งข้อความสั้นแบบโหมดดีพียู

โดยจะทำการส่งข้อความสั้นคำว่า “hellohello” โดยใช้โหมดพีดียูไปยังหมายเลข “+66092056208”

AT+CMGF=0

AT+CSMS=0

AT+SMGS=22 ต้องการส่งทั้งหมด 22 bytes (ไม่รวมตัวเลข 00 ที่อยู่หน้าสุด)

>0011000A9166295026800000AA0AE8329BFD4697D9EC37 เมื่อพิมพ์ข้อความครบแล้วกด Ctrl+z ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่งอธิบายในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่งข้อความสั้นภาษาอังกฤษ

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
00	ความยาวของ SMC Information “00” หมายถึงให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง (ปกติเครื่องที่สามารถส่ง SMS ได้จะมีข้อมูล SMSC ภายในเครื่องอยู่แล้ว
11	First octet of SMS-SUBMIT message
00	TR-Message-Reference. “0” คือให้เครื่องตั้งหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่งข้อความสั้นภาษาอังกฤษ(ต่อ)

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
0A	Address-Length คือความยาวของเลขหมายผู้รับ (0A hex=10)
91	Type-of-address. (91 indicates international format of the phone number)
66 29 50 26 80	หมายเลขของผู้รับ (แบบ Decimal Semi-Octet) เป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble หมายเลขที่แท้จริงคือ +66092056208
00	TP-PID. (Protocol identifier) เป็น 00
00	TP-DCS. (Data coding scheme) เป็น 00
AA	TP-Validily-Period “AA” อายุของ SMS เท่ากับ 4 วันถ้าภายในช่วงนี้ยังส่งไม่ถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ
0A	TP-User-Data-Length. จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง (10 ตัว)
E8329BFD4697D9EC37	TP-User-Data ข้อความ “hellohello” ที่เข้ารหัสจากตัวอักษรแบบ 7 บิตเป็นข้อมูล ไบต์ขนาด 8 บิต

การรับข้อความภาษาอังกฤษ

ตัวอย่างการรับข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู

ถ้าหากเราเชื่อมต่อกับมือถือแล้วทำการอ่านข้อความสั้นที่อยู่ในถาดเข้า (Inbox) โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ส่ง ข้อมูล SMS Service center (SMSC) Time Stamp และอื่นๆที่จำเป็นและตามด้วยส่วนของข้อความซึ่งจะอยู่ท้ายสุดของสตริงตัวอย่างสตริงต่อไปนี้ข้อความที่ส่งมาคือ “hellohello” จากมือถืออีกเครื่องหนึ่งข้อมูลสตริงนี้จะอยู่ในเลขฐาน 16 และ ฐาน 10 (ในบางส่วน) โดยจะเรียกตัวเลขแต่ละคู่ว่า Octet ข้อความสั้นที่รับได้จะเป็น

>06916681118088040A916629502680000040302121943482OAE8329BFD4697D9EC37

ซึ่งจะมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความสั้นภาษาอังกฤษ

กลุ่มตัวเลข 8 บิต	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC Information 6 Octet
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (International Format)
66 81 11 80 88	เลขหมาย SMSC ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble ในกรณีเลขหมายจริงของ Service Center คือ +661811088
04	First octet of the SMS-SUBMIT message
0A	ความยาวของเลขหมายผู้ส่ง (0A hex = 10 ตัว)
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (International Format)
66 29 50 26 80	เลขหมายผู้ส่ง เป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble ในกรณีนี้เลขหมายจริงของผู้ส่งคือ +6692056208
00	TP-PID. (Protocol indentifier) ในกรณีนี้คือ 00
00	TP-DCS. (Data coding scheme) 00 คือเข้ารหัสข้อความแบบ 7 bit Default Alphabet
40 30 21 21 94 34 82	TP-SCTS. ข้อมูล Time stamp (แบบ Decimal Semi Octet) สลับ Nibble
0A	TP-UDL. User data length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 10 ตัว
E8329BFD4697D9EC37	TP-User-Data ข้อความ “hellohello” ที่เข้ารหัสจากตัวอักษรแบบ 7 บิตเป็นข้อมูล ไบต์ ขนาด 8 บิต

ข้อมูลทั้งหมดในตารางจะเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต ยกเว้นหมายเลขของศูนย์บริการข้อความสั้นเลขหมายผู้ส่ง และ Time Stamp จะเป็นเลขฐาน 10 ขนาด 8 บิต สลับหลักเป็นคู่ๆ ในส่วนของข้อมูลที่เป็นข้อความนั้นเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิตเช่นกัน โดยข้อมูลนี้จะใช้แสดงข้อความที่ประกอบไปด้วยตัวอักษรขนาด 7 บิต ซึ่งผ่านการแปลง(เข้ารหัส)ข้อมูลจากตัวอักษรขนาด 7 บิตให้เป็นเลขฐานขนาด 8 บิต มาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของข้อมูลที่เป็นเลขฐาน 10 เช่น เลขหมายผู้ส่งตัวเลขในแต่ละคู่จะถูกสลับหลักกันเช่น เลขหมายจริง “66092056028” จะถูกสลับในแต่ละคู่เป็น “66 29 50 26 80” เช่นเดียวกับ Time Stamp ข้อมูล “40 30 21 21 94 34 82” ซึ่งมีรูปแบบเป็น “YY/MM/DD HH:MM:SS:ss” หมายถึง 04/03/12 12:49:43:28

การรับ-ส่งข้อความภาษาไทย

ถ้าต้องการส่งข้อความเป็นภาษาไทยนั้นสามารถทำได้ แต่จากตารางสากลนั้นจะไม่มีอักษรภาษาไทยอยู่ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนวิธีการเข้ารหัสข้อความแบบ UCS (16 บิต) ซึ่งจะสามารถส่งข้อความภาษาไทยได้โดยมีรหัสของตัวอักษรต่างๆแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงตารางรหัสตัวอักษรของการเข้ารหัสแบบ UCS (16 บิต)

	0E0	0E1	0E2	0E3	0E4	0E5	0E6	0E7
0	-	ฐ	ภ	ะ	เ	๐	-	-
1	ก	ฑ	ม	ั	แ	๑	-	-
2	ข	ฒ	ย	า	โ	๒	-	-
3	ฃ	ณ	ร	ำ	ใ	๓	-	-
4	ค	ด	ฤ	ิ	ไ	๔	-	-
5	ฅ	ต	ล	ี	ๅ	๕	-	-
6	ฆ	ถ	ฦ	ึ	ๆ	๖	-	-
7	ง	ท	ว	ื	็	๗	-	-
8	จ	ธ	ศ	ุ	่	๘	-	-
9	ฉ	น	ษ	ู	้	๙	-	-
A	ช	บ	ส	ฺ	๊	๚	-	-
B	ซ	ป	ห	-	๋	๛	-	-
C	ฌ	ผ	ฬ	-	์	-	-	-
D	ญ	ฝ	อ	-	๎	-	-	-
E	ฎ	พ	ฮ	-	๏	-	-	-
F	ฏ	ฟ	ฯ	฿	๐	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อความ SMS ภาษาไทย

โดยจะทำการส่งข้อความสั้นว่า “สวัสดี” ซึ่งใช้โหมดพีดียู ไปยังหมายเลข “0851234567”

AT+CMGF=0 // เลือกโหมดพีดียู

AT+CMSC=0 // เช็คมือถือว่าสนับสนุนการส่ง SMS หรือไม่

AT+CMGS=25 // ต้องการส่งทั้งหมด 25 ไบต์

>0011000A91661532547600008AA0C0E2A0E270E2A0E140E35 // เมื่อพิมพ์ข้อความครบกด Ctrl+z

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบของข้อมูลการส่งข้อความสั้นภาษาไทย

กลุ่มตัวเลข 8 บิต	รายละเอียด
00	ความยาวของ SMSC Information “00” หมายถึงให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง
11	First octet of the SMS-SUBMIT message
00	TR-Message-Reference. “00” คิดให้เครื่องตั้งหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง
0A	ความยาวของเลขหมายผู้ส่ง (0A hex=10ตัว)
91	Type-of-address. (91 indicates international format of the phone number)
66 15 32 54 76	เลขหมายผู้ส่งเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีนี้เลขหมายจริงของผู้ส่งคือ +6692056208
00	TP-PID. (Protocol identifier) ในกรณีนี้คือ 00
08	TP-DCS. (Data coding scheme) 08 คือเข้ารหัสข้อความแบบ USC2
AA	TP-Validity-Period “AA” อายุของ SMS เท่ากับ 4 วัน ถ้าภายในช่วงนี้ยังไม่ส่งไปถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกอัตโนมัติ
0C	TP-UDL. User data length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง
0E2A0E270E310E2A0E140E35	TP-User-Data ข้อความ “สวัสดี” ที่เข้ารหัสจากตัวอักษรแบบ 7 บิตเป็นข้อมูล ไบต์ ขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับข้อความ SMS ภาษาไทย

ตัวอย่างการรับข้อความสั้นภาษาไทยทำการอ่านข้อความสั้นถากเข้า โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปแบบสตริงที่ประกอบด้วยข้อมูลของผู้สั่ง ข้อมูลส่วนศูนย์บริการข้อความสั้น Time Stamp และตามด้วยส่วนของข้อความที่ได้รับมาจะมีลักษณะดังนี้

>0691661900190204 0A91667680497500086020022222922 30C0E2A0E270E310E2A0E140E35

ตารางที่ 2.7 ส่วนประกอบของข้อมูลการรับข้อความสั้นภาษาไทย

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (octet)	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC Information 6 Octet (ไบต์)
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล
66 19 00 19 02	เลขหมาย SMSC ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีนี้เลขหมายจริงของ Service Center คือ +669100120
04	First octet of the SMS-SUBMIT message
0A	ความยาวของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล
66 76 80 49 75	เลขหมายผู้ส่ง เป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีนี้เลขหมายจริงของผู้ส่งคือ +6667089457
00	TP-PID. (Protocol identifier) ในกรณีนี้คือ 00
08	TP-DCS. (Data coding scheme) 08 คือเข้ารหัสข้อความแบบ UCS2
60 20 02 22 22 92 23	TP-SCTS. ข้อมูล Time Stamp (แบบ Decimal Semi Octet) สลับ nibble

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ส่วนประกอบของข้อมูลการรับข้อความสั้นภาษาไทย(ต่อ)

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (octet)	รายละเอียด
0C	TP-UDL. User data length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง
0E2A0E270E310E2A0E140E35	TP-User-Data ข้อความ “สวัสดี” ที่เข้ารหัสเข้ารหัสแล้ว

2.3.2.3 AT-Command

AT-Command คือ ชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) เพื่อโต้ตอบสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่เราต้องการสำหรับการติดต่อโทรศัพท์มือถือ จะใช้ชุดคำสั่งที่เรียกว่า “GSM AT COMMAND” ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มเติมเหมาะสมสำหรับการใช้งานและควบคุมโทรศัพท์ เนื่องมีชุดคำสั่งค่อนข้างมากจึงพูดถึงคำสั่งที่จะต้องใช้เท่านั้น การเชื่อมต่อผ่านพอร์ทอนุกรมโดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal ของ Windows

AT+CMGF เป็นคำสั่งในการเลือกโหมดข้อความที่ส่ง

ตารางที่ 2.8 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGF

คำสั่ง	คำตอบสนอง
AT+CMGF=?	+CMGF: (list of supported <mode>s) OK ERROR
AT+CMGF?	+CMGF:<mode> OK ERROR
AT+CMGF=<mode>	OK ERROR

ตารางที่ 2.9 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGF

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
<mode>	อธิบายเพิ่มเติม
0	PDU mode
1	Text mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+CMGL เป็นคำสั่งเรียกอ่านข้อความโดยแสดงตามชนิดที่ต้องการเรียกดู

ตารางที่ 2.10 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGL

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGL [=<stat>]	+CMGL: <index>,<stat>,[<alpha>],<length> <CR><LF><pdu>[<CR><LF> +CMGL: <index>,<stat>,[<alpha>],<length> <CR><LF><pdu>[...]] +CMS ERROR: <err>
AT+CMGL=?	+CMGL: (list of supported <stat>s)

ตารางที่ 2.11 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGL

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
<stat>	ตัวบอกสถานะของข้อความ 0 ข้อความที่ยังไม่ได้อ่าน 1 ข้อความที่อ่านแล้ว 2 ข้อความที่เก็บไว้เพื่อส่งแต่ยังไม่ได้ส่ง 3 ข้อความที่ส่งไปแล้ว 4 ข้อความทุกชนิด
<index>	ตัวบอกตำแหน่งของข้อความลำดับที่เท่าไร
<length>	ความยาวของชุดข้อความ
<pdu>	ข้อความที่เป็นของศูนย์บริการและชุดข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+CMGR เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านข้อความทีละอัน

ตารางที่ 2.12 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGR

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGR=<index>	+CMGR:<stat>,[<alpha>],<length> <CR><LF><pdu> +CMS ERROR: <err> OK ERROR
AT+CMGR=?	OK ERROR

ตารางที่ 2.13 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGR

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
<stat>	ตัวบอกสถานะของข้อความ 0 ข้อความที่ยังไม่ได้อ่าน 1 ข้อความที่อ่านแล้ว 2 ข้อความที่เก็บไว้เพื่อส่งแต่ยังไม่ได้ส่ง 3 ข้อความที่ส่งไปแล้ว 4 ข้อความทุกชนิด
<index>	ตัวบอกตำแหน่งของข้อความลำดับที่เท่าไร
<length>	ความยาวของชุดข้อความ
<pdu>	ข้อความที่เป็นของศูนย์บริการและชุดข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+CMGS เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งข้อความ

ตารางที่ 2.14 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGS

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGS=?	OK ERROR
If PDU mode (+CMGF=0) AT+CMGR=CMGS=<length><CR> PDU is given <ctrl-Z/ESC>	+CMGS: <mr> +CMS ERROR: <err>

ตารางที่ 2.15 แสดงรายละเอียดต่างๆในโหมดคำสั่ง AT+CMGS

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
<mr>	จำนวนครั้งที่เราส่งข้อความ
<length>	ความยาวของชุดข้อความ
<pdu>	ข้อความที่เป็นของศูนย์บริการและชุดข้อความ

AT+GSN เป็นคำสั่งให้แสดงหมายเลขเครื่อง หรือ IMEI

ตารางที่ 2.16 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+GSN

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+GSN	<serial number> OK

AT+CGMM เป็นชุดคำสั่งแสดงชื่อรุ่นที่ใช้

ตารางที่ 2.17 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CGMM

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CGMM	<model> +CME ERROR: <er>
AT+CGMM=?	OK ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+CGMI เป็นคำสั่งแสดงชื่อผู้ผลิต

ตารางที่ 2.18 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CGMI

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CGMI	<manufacturer> +CME ERROR: <er>
AT+CGMI=?	OK ERROR

2.3.3 โมเด็มไร้สายในระบบการสื่อสาร

ในระบบไร้สายโดยใช้โมเด็มไร้สาย มีระบบการสื่อสารซึ่งข้อมูลถูกฝังอยู่ในโมเด็มไร้สายและเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์มันจะโชว์หลักการสื่อสารของระบบและการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มไร้สาย และอุปกรณ์

MS (Mobile Station) แทนด้วยโมเด็มไร้สายและซิมการ์ด โมเด็มไร้สายที่แยกจากซิมการ์ดนั้นรู้กัน ดังเช่น ME (Mobile Equipment)

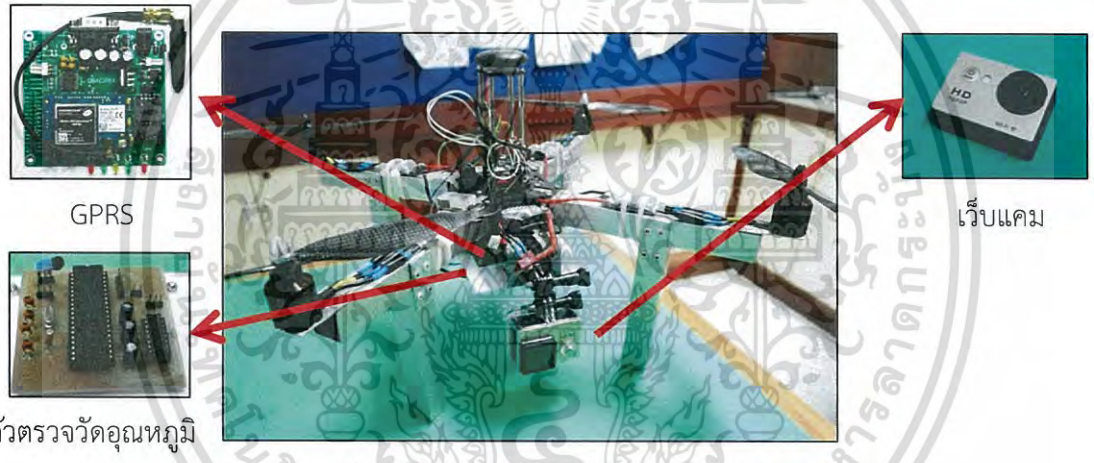
DTE (Data Terminal Equipment) เป็นอุปกรณ์ในการควบคุม สิ่งนี้สามารถเป็นแม่ข่ายภายนอก หรือไม่ก็เป็นอุปกรณ์ที่ถูกฝังไว้ภายใน

DCE (Data Circuit Terminating Equipment) เป็นการเชื่อมต่อการสื่อสารแบบอนุกรมของ MS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยของโครงงานพิเศษ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การดำเนินงานทางด้านฮาร์ดแวร์ การประกอบเครื่องบิน 4 ใบพัด โดยแสดงรายละเอียดและหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆ จะกล่าวในหัวข้อที่ 3.1 และ การดำเนินงานทางด้านซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วย การตรวจวัดอุณหภูมิ และส่งค่าอุณหภูมิไปยังโทรศัพท์มือถือในรูปแบบ Short Message Service จะกล่าวในหัวข้อที่ 3.2 จากรูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องบิน 4 ใบพัด ซึ่งจะติดตั้งอุปกรณ์เว็บแคม ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ และ GPRS



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่องบิน 4 ใบพัด

3.1 ฮาร์ดแวร์

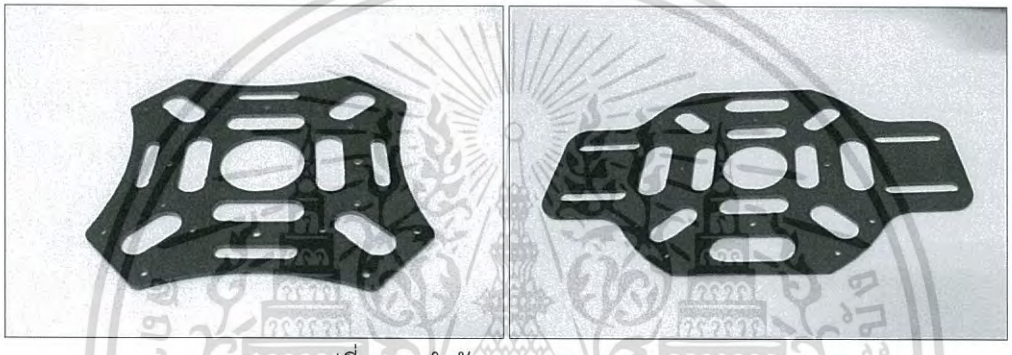
3.1.1 อุปกรณ์ประกอบเครื่องบิน 4 ใบพัด

1) ชุดโครงสร้าง

ชุดโครงสร้าง (Frame) เป็นส่วนสำคัญที่ใช้เป็นฐานของใบพัด มอเตอร์ กล้อง และอุปกรณ์ต่างๆ โดยลำตัวของ frame ใช้วัสดุจาก Glass fiber สำหรับแขนของเครื่องบิน 4 ใบพัดจะใช้วัสดุจาก Aluminium ที่มีความทนทานและน้ำหนักเบา ซึ่ง frame 4 rotor นี้มีขนาด ความกว้าง 65 เซนติเมตร ความสูง 32 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

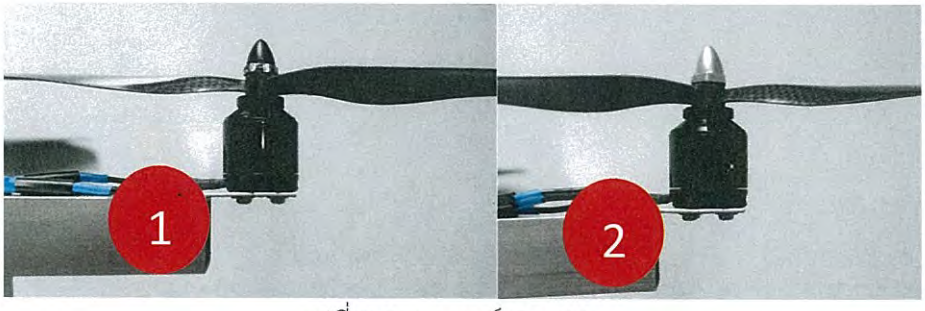
รูปที่ 3.2 แขนของ frame 4 rotor



รูปที่ 3.3 ลำตัวของ frame 4 rotor

2) มอเตอร์

เครื่องบิน 4 ใบพัด จะใช้มอเตอร์ชนิด Brushless โดยมอเตอร์ที่ใช้จะมีความเร็วรอบ 810 KV Thrust 950 G น้ำหนัก 62 กรัม สูง 42 มิลลิเมตร และ เส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร ซึ่งมอเตอร์ Brushless สามารถหมุนได้ 2 แบบ คือ หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW thread) และหมุนตามเข็มนาฬิกา (Plus thread) โดยจากรูป 3.3 สังเกตจากใบพัดใช้ใบพัดที่มีลักษณะตัดอากาศเพื่อทำให้เกิดแรงดันอากาศดันลงด้านล่าง โดยหมายเลข 1 คือ มอเตอร์ Brushless หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW thread) และ หมายเลข 2 คือ มอเตอร์ Brushless หมุนตามเข็มนาฬิกา (Plus thread)



รูปที่ 3.4 มอเตอร์ Brushless

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Speed Control

Speed Control มีหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ Brushless โดยจะใช้ Speed Control ขนาด 30 แอมแปร์

รูปที่ 3.5 Speed Control 30 แอมแปร์

4) แหล่งจ่ายพลังงาน

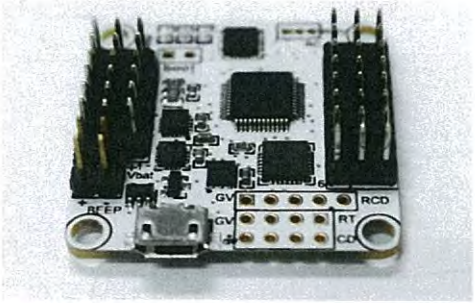
ในส่วนของแหล่งจ่ายพลังงาน จะใช้แบตเตอรี่ประเภท Li-Po ชนิด3 Cell ซึ่งมีความต่างศักย์ 11.1 โวลต์ ค่าความจุกระแสไฟฟ้า 3,300 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง

รูปที่ 3.6 แบตเตอรี่ Li-Po

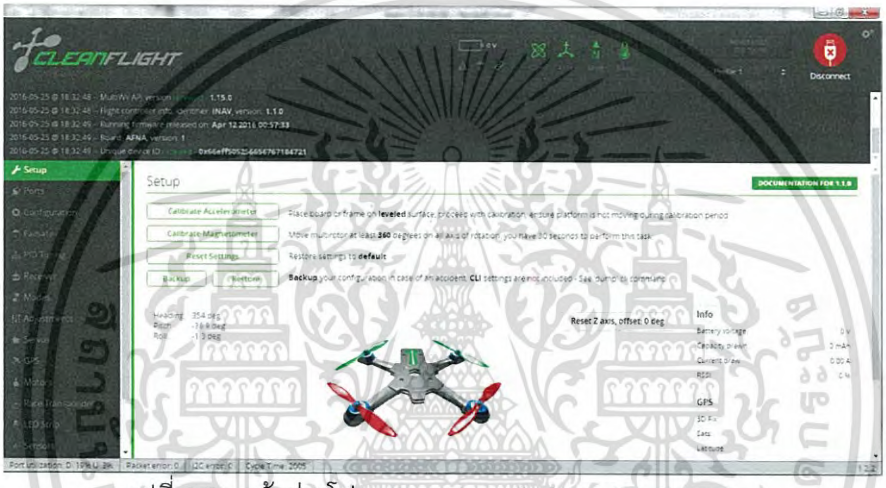
5) บอร์ดควบคุมเครื่องบิน 4 ใบพัด

บอร์ดควบคุมเครื่องบิน 4 ใบพัด จะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น NanJ 32 10dof ซึ่งมีความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลขนาด 32 bit และ มีระบบ Gyroscope Sensor, Accelerometer Sensor, Magnetometer Sensor และ Barometer Sensor โดยใช้โปรแกรม Cleanflight - Configurator ในการเขียน โค้ด ในการควบคุมเครื่องบิน 4 ใบพัด ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น NanJ 32 นั้นแสดงดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 แสดงหน้าต่างโปรแกรม Cleanflight ที่ใช้ในการตั้งค่าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น NanJ 32 10dof



รูปที่ 3.8 หน้าต่างโปรแกรม Cleanflight – Configurator

6) GPS ublox neo 7m

GPS Module เมื่อนำมาต่อเข้ากับเครื่องบิน 4 ใบพัดจะช่วยให้เครื่องบินสามารถบินอยู่กับที่ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ GPS ublox neo 7m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ขั้นตอนประกอบเครื่องบิน 4 ใบพัด

1) นำท่ออลูมิเนียมลักษณะสี่เหลี่ยมมาตัดขนาด 19 เซนติเมตร จำนวน 4 อันในส่วนของแขนเครื่องบิน และตัดขนาด 15 เซนติเมตร จำนวน 4 อันในส่วนของขาเครื่องบิน

2) นำแขนที่ได้มาประกอบเข้ากับลำตัวของ frame และ ขา โดยใช้หมุดยึด

3) เจาะรูที่ปลายของแขนทั้ง 4 แขนและประกอบมอเตอร์ติดที่ปลายแขนโดยใช้น็อตยึด

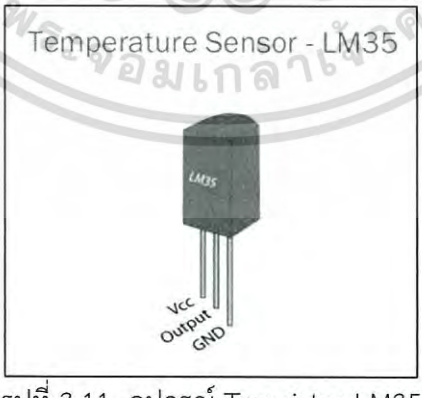
4) ประกอบอุปกรณ์ต่างๆที่กล่าวในข้อ 3.1.1 จะได้เครื่องบิน 4 ใบพัดดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ประกอบเครื่องบิน 4 ใบพัดเสร็จสมบูรณ์

3.1.3 อุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ทำการวัดอุณหภูมิ

1) Transistor LM35

Transistor LM35 มีคุณสมบัติสามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ในช่วง -40 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส และมีความไว 10 มิลลิโวลต์ต่อองศาเซลเซียส

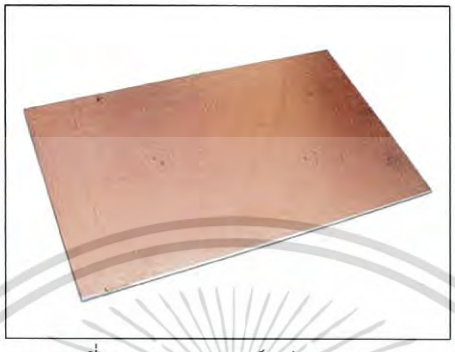


รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ Transistor LM35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แผ่นทองแดง

แผ่นทองแดงเป็นแผ่นที่มีทองแดงทั่วทั้งแผ่น 1 ด้านเพื่อนำมาทำวงจร



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์แผ่นทองแดง

3) PIC18F45K20

PIC18F45K20 เป็น PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม หรือคำสั่งต่างๆ ซึ่งมีพื้นที่ความจำ 256bytes และ หน่วยประมวลผล 1-UART

รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ PIC18F45K20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) IC MAX232CPE

IC MAX232CPE มีคุณสมบัติใช้ในการแปลงสัญญาของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และ แปลงสัญญา TTL เป็น RS-232

รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ IC MAX232CPE

5) Capacitor 33pF และ 10uF

Capacitor เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เก็บพลังงานในสนามไฟฟ้า

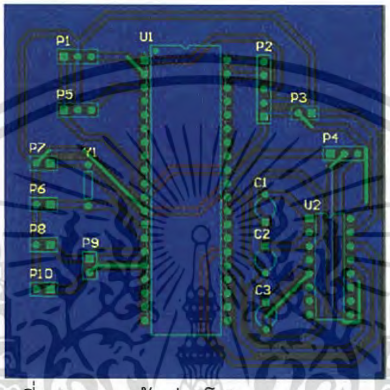
รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ Capacitor

รูปที่ 3.16 สร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ขั้นตอนสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ทำการวัดอุณหภูมิ

1) ออกแบบลายวงจรด้วยโปรแกรม Altium Designer ดังรูปที่ 3.17 และ ทำการกัดแผ่นปริ้น
2) นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาบัดกรีลงบนแผ่นลายวงจร
3) เขียนโปรแกรมคำสั่งลง PIC โดยใช้โปรแกรม MikroC ดังข้อที่ 3.2.1



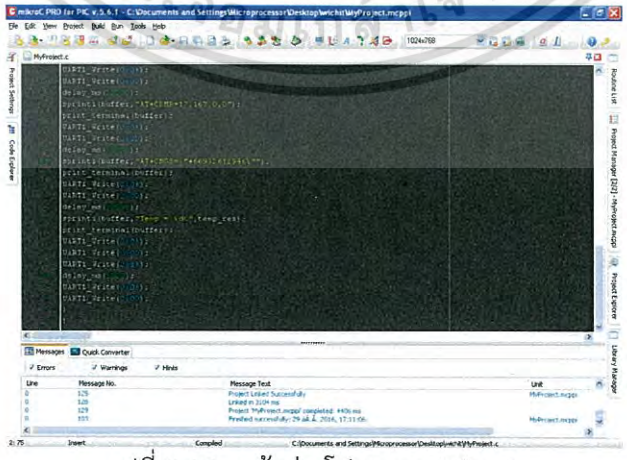
รูปที่ 3.17 หน้าต่างโปรแกรม MikroC

3.2 ซอฟต์แวร์

3.2.1 เขียนโปรแกรมคำสั่งลง PIC

1) เขียนโปรแกรมโดยใช้ MikroC

MikroC เป็นโปรแกรมที่ใช้เขียนคำสั่งสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ซึ่งโปรแกรมนี้ใช้ภาษา C ในการเขียน ซึ่งเป็นภาษาเบสิก

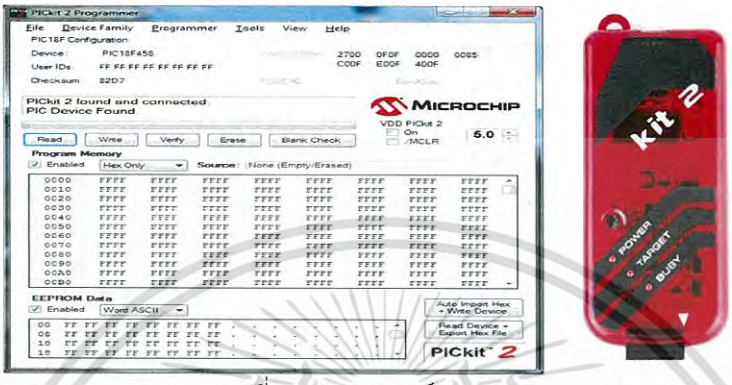


รูปที่ 3.18 หน้าต่างโปรแกรม MikroC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) **อัดโปรแกรมลง PIC โดยใช้ PICkit2**

PICkit2 คือ อุปกรณ์สำหรับอัดคำสั่งลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC



รูปที่ 3.19 อุปกรณ์ PICkit 2

3.2.2 อุปกรณ์ GPRS Module

GR64 เป็นโมดูล GSM/GPRS รองรับ 4 ความถี่ ได้แก่ GSM 850/900/1800/1900 MHz พร้อมช่องใส่ SIM CARD และเสาอากาศ การใช้ GR64 สามารถติดต่อโดยผ่านทาง RS-232 ด้วยคำสั่ง AT Command

รูปที่ 3.20 GR64 GPRS Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 หลักการส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับGPRS Module

เริ่มจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และส่งค่าอุณหภูมิไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งค่าอุณหภูมิกับคำสั่ง AT Command ไปยัง GPRS Module ผ่านทาง RS-232 ต่อมา GPRS Module จะทำการส่งค่าอุณหภูมิไปยังโทรศัพท์มือถือที่ตั้งค่าไว้ ในรูปแบบ Short Message Service ผ่าน SIM CARD ใน GPRS Module

รูปที่ 3.21 หลักการส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับGPRS Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้เป็นการอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนและการทดสอบการทำงานของเครื่องบิน 4 ใบพัดโดยแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆดังนี้ การบิน การวัดอุณหภูมิ และ การส่งข้อความ Message ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การบินของเครื่องบิน 4 ใบพัด

จากการออกแบบเครื่องบิน 4 ใบพัดและทดสอบบินสามารถบินขึ้นได้ ในขณะที่ตัวลำเครื่องบิน 4 ใบพัด มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม โดยสามารถบินได้นานเป็นระยะเวลา 15 – 20 นาที ซึ่งมีภาพแบบเรียลไทม์จาก Action Camera ดังรูปที่ 4.1 และ ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 ภาพแบบเรียลไทม์จากกล้อง Action Camera

รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวัดอุณหภูมิของเครื่องบิน

ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิในระยะความสูงต่างๆตามที่เรากำหนดได้ โดยการทดลองได้ทำการกำหนดความสูงไว้ 3 ระดับได้แก่ 3 เมตร 6 เมตร และ 9 เมตร ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ครั้งที่ 1

ความสูง (เมตร)	อุณหภูมิ (°C)
3	29
6	29
9	29

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ครั้งที่ 2

ความสูง (เมตร)	อุณหภูมิ (°C)
3	28
6	28
9	27

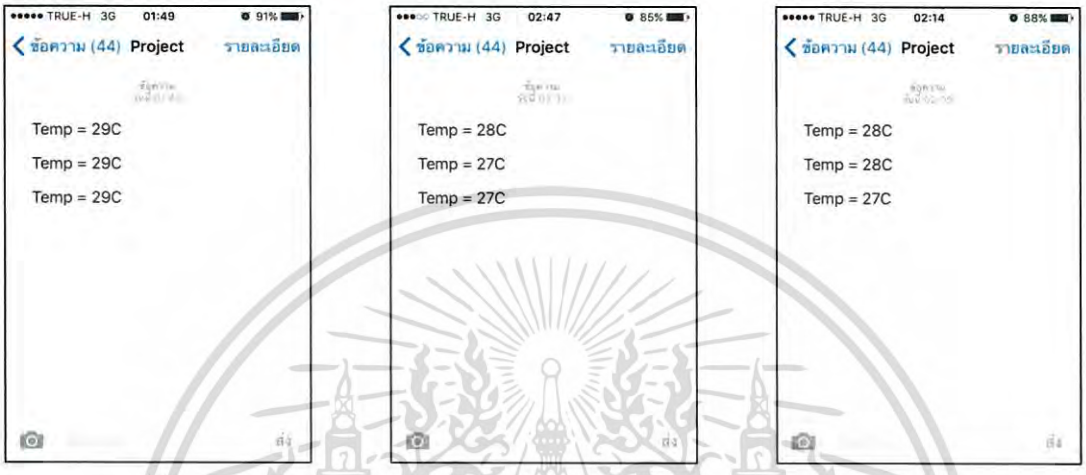
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ครั้งที่ 3

ความสูง (เมตร)	อุณหภูมิ (°C)
3	28
6	27
9	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การส่งข้อความ Message

จากการวัดอุณหภูมิที่ได้และผ่านคำสั่งในบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ จะทำการส่งค่าอุณหภูมิไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่เรากำหนดไว้ผ่านโค้ตคำสั่ง ซึ่งสามารถตั้งค่าระยะเวลาในการส่งข้อความได้ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ตั้งเวลาในการส่งข้อความ 1 นาทีต่อ 1ข้อความ ผลการทดลองมีดังรูปที่ 4.3



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.3 ข้อความค่าอุณหภูมิจากโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 4.3 ข้อความค่าอุณหภูมิจากโทรศัพท์มือถือ 3 ครั้ง

(ก) แสดงข้อความโทรศัพท์ที่ได้รับจากบอร์ดของเครื่องบิน ครั้งที่ 1

(ข) แสดงข้อความโทรศัพท์ที่ได้รับจากบอร์ดของเครื่องบิน ครั้งที่ 2

(ค) แสดงข้อความโทรศัพท์ที่ได้รับจากบอร์ดของเครื่องบิน ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบสร้าง และ ทดสอบ เครื่องบิน 4 ใบพัดเพื่อใช้ในตรวจสอบอุณหภูมิในพื้นที่ต่างๆ และส่งค่าอุณหภูมิมายังหมายเลขโทรศัพท์มือถือในรูปแบบของ Short Message Service ซึ่งเครื่องบิน 4 ใบพัดมีระบบโครงสร้าง คือ ระบบขับเคลื่อน ระบบควบคุม ระบบตรวจวัดอุณหภูมิ ระบบ GPS ระบบส่งสัญญาภาพ และระบบ GPRS จากการทำโครงงานนี้ทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องบิน 4 ใบพัด ซอฟต์แวร์ในการตั้งค่าโปรแกรมที่ทำให้เครื่องบินบินอยู่กับที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิและส่งค่าอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ได้จากระยะไกล

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำให้เครื่องบิน 4 ใบพัด บินอยู่กับที่ต้องทำให้ GPS เชื่อมต่อกับดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา

ในส่วนของเครื่องบิน 4 ใบพัดมีน้ำหนักมากจึงทำให้ใช้แรงในการขับมอเตอร์มาก ดังนั้นจึงสามารถบินได้เพียง 15-20 นาที อาจจะมีการแก้ไขบางส่วนหรือเปลี่ยนวัสดุเพื่อลดน้ำหนักของตัวเครื่องบิน

จากการทดลองเป็นการคาดคะเนตำแหน่งความสูงของเครื่องบิน 4 ใบพัด ซึ่งอาจจะมีความผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง วิธีแก้ไขควรใช้ GPS Module ในการระบุตำแหน่งที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เครื่องบินเล็กที่ไม่เล็ก ฐานบินกำแพงแสน. (2556). **แบต Li-po.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=504047689660829&id=503782193020712 วันที่ค้นข้อมูล 28 ตุลาคม 2558.

บริษัท โปรโทรนิกส์ อินเตอร์เทรด จำกัด. (2556). **เซนเซอร์วัดความดันลม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://pressuresenders.blogspot.com/2013/01/blog-post.html วันที่ค้นข้อมูล 31 ตุลาคม 2558.

บริษัท สนุก ออนไลน์ จำกัด. (2556). **magnetometer?.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://guru.sanook.com/23783/ วันที่ค้นข้อมูล 31 ตุลาคม 2558.

บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. (2556). **Li-Po Battery EP.01 ความเข้าใจเกี่ยวกับแบตเตอรี่.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://doc.inex.co.th/lipo-batt-ep01/ วันที่ค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2558.

วิกิพีเดีย. (2558). **ไจโรสโคป.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/ไจโรสโคป วันที่ค้นข้อมูล 2 พฤศจิกายน 2885.

วีระชัย มาลยวเช. (2558). **หมุนมอเตอร์ Brushless DC ไม่(น่า)ยากอีกต่อไป.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.php?id=83 วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2558.

อัครพันธุ์ สังข์วงษ์, จิตพล ศรีสว่าง และสรวิศ ไพฑูรย์วงศ์. 2555. “เครื่องบินอัตโนมัติแบบสี่ใบพัดสำหรับการถ่ายภาพทางอากาศ” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ฮ็อบบี้ทูโฮมดอทคอม. (2551). **ค่า KV ของ Motors.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://cansale.tarad.com/contactus?lang=th วันที่ค้นข้อมูล 25 ตุลาคม 2558.

AliExpress. (2551). **Flight Controllers.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://th.aliexpress.com/store/product/High-Quality-Flight-Control-NanJ-32-10dof-6dof-Free-Shipping/1047255_32349892971.html?isOrig=true#extend วันที่ค้นข้อมูล 25 ตุลาคม 2558.

Lumi Mazri (นามแฝง). (2552). **Accelerometer/Accelero sensor เห็นกันอยู่ทุกวันแต่ไม่รู้จักกันซะงั้น.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.bloggang.com/mainblog.php hp?id=joyful-planet&month=23-02-2009&group=1&gblog=6 วันที่ค้นข้อมูล 31 ตุลาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thaimobilecenter.com. (2557). **รู้จักเหล่าเซ็นเซอร์อัจฉริยะบนสมาร์ทโฟน เบื้องหลังการทำงานอันไร้ขีดจำกัดของสมาร์ทโฟนยุคใหม่.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaimobilecenter.com/article-2557/understanding-sensors-on-mobile-phone-and-smartphone.asp วันที่ค้นข้อมูล 1 พฤศจิกายน 2558.

ThaiMulticopter. (2551). **Accelerometer.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/thaimulticopter/acc วันที่ค้นข้อมูล 3 พฤศจิกายน 2558.

Zygomatica (นามแฝง). (2553). **Gyro sensor ==> Gyroscope.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://zygomatica.exteen.com/20100811/gyro-sensor-gyroscope วันที่ค้นข้อมูล 25 ตุลาคม 2558.

ชงควัฒน์ ศรีจันตะ, ธนวัฒน์ สุปินราษฎร์, สมิทธ์ฐิโชติ์ แสนศักดิ์ และศุภณัฐ วรนุช. 2556. “อากาศยาน ปีกหมุน 4 ใบพัด” โครงการ-วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. Code Program

```
char buffer[32];
unsigned int temp;
const unsigned short VREF = 5.00;
unsigned int temp_res;
char *print_terminal(char *str)
{
unsigned char i;
for(i=0; str[i]!=0;i++)
UART1_Write(str[i]);
return str;
}

void InitTimer0()
      {
T0CON = 0x84;
TMR0H = 0x0B;
TMR0L = 0xDC;
GIE_bit = 1;
TMR0IE_bit = 1;
      }
void Interrupt()
         {
if (TMR0IF_bit)
            {
TMR0IF_bit = 0;
TMR0H = 0x0B;
TMR0L = 0xDC;
temp = ADC_read(0);
temp_res = (temp * VREF)/10.240;
            }
         }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void main()
{
InitTimer0();
TRISA =0xff;
TRISC = 0x80;
UART1_Init(9600);
delay_ms(100);
while (1)
        {
sprinti(buffer,"AT");
print_terminal(buffer);
UART1_Write(0x0A);
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(6000);
sprinti(buffer,"AT+CMGF=1");
print_terminal(buffer);
UART1_Write(0x0A);
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(6000);
sprinti(buffer,"AT+CSMP=17,167,0,0");
print_terminal(buffer);
UART1_Write(0x0A);
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(6000);
sprinti(buffer,"AT+CMGS=\"+66932612946\"");
print_terminal(buffer);
UART1_Write(0x0A);
UART1_Write(0x0D);
delay_ms(6000);
sprinti(buffer,"Temp = %dC",temp_res);
print_terminal(buffer);
UART1_Write(0x0A);
UART1_Write(0x0D);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UART1_Write(0x1A);
delay_ms(6000);
UART1_Write(0x0A);
UART1_Write(0x0D);
        }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title		
Size A4	Number	Revision
Date 30/5/2016		Sheet of
File C:\Users\...\Note.SchDoc		Drawn By:

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง