สถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ

RPV MICRO AERIALVEHICLE GROUND STATION

สนชัย ภูมิภาค
สัจจพล เกิดช้าง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

สถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ

RPV MICRO AERIALVEHICLE GROUND STATION

สนชัย ภูมิภาค

สัจจพล เกิดช้าง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง สถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ

RPV MICRO AERIAL VEHICLE GROUND STATION

ผู้จัดทำ

1. นายสนชัย ภูมิภาค รหัสนักศึกษา 54011314
2. นายสัจจพล เกิดช้าง รหัสนักศึกษา 54011348

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วัชระ ฉัตรวิริยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ

นายสนชัย ภูมิภาค 54011314
นายสัจจพล เกิดช้าง 54011348
ดร.วัชระ ฉัตรวิรยะ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงงานสถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ เป็นการพัฒนาสถานีควบคุมยานบินขนาดเล็กชนิดหลายใบพัด ซึ่งมีการแสดงค่าสถานะต่างๆของยานบินเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้บังคับ และส่งภาพวิดีโอจากกล้องที่ติดอยู่บนยานบินเพื่อให้ผู้บังคับสามารถควบคุมยานบินในระยะที่ไกลเกินกว่าระยะสายตาของผู้บังคับหรือบริเวณที่มีสิ่งกีดขวาง และการพัฒนาส่วนการบังคับจากเดิมที่เป็นรีโมทบังคับแบบ X-Y เป็นการควบคุมโดยใช้คันบังคับเพื่อลดระยะเวลาในการเรียนรู้และทำให้สอดคล้องกับการควบคุมยานบินที่มีในปัจจุบัน

การพัฒนาสถานีควบคุมยานบินขนาดเล็กชนิดได้แบ่งการพัฒนาออกเป็นสองส่วนคือส่วนติดตั้งบนยานบินที่ต้องพัฒนาโปรแกรมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้รับคำสั่งจากภาคพื้นดินเพื่อส่งไปควบคุมชุดควบคุมยานบิน และอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ต่างๆที่ติดอยู่บนยานบินเพื่อส่งกลับไปยังสถานีภาคสนาม อาทิเช่น เซ็นเซอร์วัดความเอียง เซ็นเซอร์เข็มทิศ หรือ เซ็นเซอร์วัดความดันไฟของแบตเตอรี่ เป็นต้น ส่วนที่สองคือส่วนสถานีภาคสนามที่ต้องพัฒนาการรับค่าจากคันบังคับเพื่อส่งไปควบคุมยานบิน และการแสดงผลสำหรับผู้ใช้เพื่อแสดงสถานะของเซนเซอร์และภาพที่ได้รับมาจากยานบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RPV MICRO AERIALVEHICLE GROUND STATION

Mr. Sonchai Poomipak 54011314

Mr. Satchapon Kerdchang 54011348

Dr. Watchara Chatwiriya Advisor

Academic Year 2014

ABSTRACT

RPV Micro Aerial Vehicle Ground Station Project's objectives are to show vehicle's status and sent video down link from camera installed at the vehicle to ground station. These information can help the pilot to control the vehicle even out of sight of the pilot. The vehicle control device changed from remote control to joystick similar to real devices aerial vehicle control, which can also reduce practice time in training.

Micro aerial vehicle ground station development is divided to two part. The first parts to developed microcontroller software for receive command from ground station to control flight control board and read sensor values from sensors on vehicle to ground station for example gyro sensor, compass and voltage detector. Second, the ground station that must be developed in receiving values from joystick for send to control the vehicle and show sensor values from vehicle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ การขอบคุณผู้ให้การสนับสนุน

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.วัชระ ฉัตรวิริยะ ที่คอยให้ความสนใจและใส่ใจสอบถามถึงความคืบหน้าของโครงงานอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังคอยให้คำแนะนำและให้คามช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสถาบันการศึกษาในอดีต ที่ให้โอกาสดีๆทางการศึกษาแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นกำลังใจให้กันตลอดการทำงาน รวมทั้งให้คำปรึกษา และช่วยเหลือกันในด้านต่างๆตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากรายงานเล่มนี้คณะผู้จัดทำขอมอบให้บิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่คณะผู้จัดทำ

สนชัย ภูมิภาค
สัจจพล เกิดช้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มา ความเป็นมา ความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมาย.....3

1.3 ขอบเขตการทำงาน.....3

1.4 วิธีดำเนินงาน.....4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์.....4

บทที่ 2 แนะนำความรู้พื้นฐาน.....5

2.1 ความรู้เบื้องต้น.....5

2.2 ปัญหาและข้อบกพร่อง.....8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิเคราะห์ออกแบบ.....9

3.1 วิเคราะห์และเลือกใช้อุปกรณ์.....9

3.2 ออกแบบ.....13

บทที่ 4 การพัฒนาและทดสอบระบบ.....19

4.1 แผนการดำเนินงาน.....19

4.2 รายการอุปกรณ์.....20

4.3 การพัฒนา.....21

4.4 ผลการดำเนินการ.....25

4.5 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข.....26

4.6 การทดสอบภาคสนาม.....27

บทที่ 5 สรุป.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

3.1 Frame ข้อมูล TxDara....14

3.2 Frame ข้อมูล RxDara....15

3.3 ส่วนประกอบหน้าต่างแสดงผล....17

4.1 แผนการดำเนินงาน....19

4.2 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

1.1 การถ่ายภาพมุมสูง 2

1.2 นำยานบินขึ้นไปบริเวณที่สูง 2

2.1 ยานบินขนาดเล็ก 5

2.2 มุมมองภาพแบบบุคคลที่หนึ่ง 6

2.3 มุมมองของภาพแบบบุคคลที่หนึ่งที่แสดงบนภาคสถานี 6

2.4 มาตรวัดความเอียง 7

2.5 เข็มทิศ 7

2.6 อุปกรณ์รีโมทชนิดแกน x-y 8

3.1 อุปกรณ์รีโมท แบบคันบังคับ (Joystick) 9

3.2 Arduino Mega 2560 10

3.3 Xbee Pro S2 10

3.4 Multiwii 11

3.5 LinkSprite JPEG Color Camera 11

3.6 tx58-2w AV Transmitter 12

3.7 Schematic ลายวงจร 13

3.8 หน้าจอแสดงผลของสถานีสนาม 17

4.2 แนวทางการพัฒนา 21

4.3 การทำงานของ Ground Station Software 22

4.4 การทำงานของ Micro Aerial Vehicle firmware 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.5 การทำงานของ Micro Aerial Vehicle firmware 24
4.6 กราฟสมการกำลังสามสำหรับการควบคุม 24
5.1 ทดลองให้ผู้ใช้บังคับยานบิน 29
5.2 จอที่แสดงค่าสถานะของยานบินและภาพที่ใช้ในการบังคับยานบินในส่วนของภาคสถานี 30
5.3 แนะนำการใช้งานให้ผู้สนใจในสถานีภาคสนามและยานบินไปใช้ประโยชน์ 31
ก.1 เชื่อมต่อสายจ่ายไฟให้กับกล่องควบคุม 33
ก.2 เชื่อมต่อสายจ่ายไฟให้กับยานบิน 33
ก.3 เชื่อมต่อสายจ่ายไฟให้กับชุดกล้องและชุดส่งสัญญาณ 33
ก.4 บิดคันหมุนทวนเข็มนาฬิกา 35
ก.5 โยกคันบังคับมาที่มุมล่างขวา 35
ก.6 กดปุ่มบริเวณหัวแม่มือ 35
ก.7 กุดปุ่ม connect camera เพื่อเชื่อมต่อภาพ 36
ก.8 กดปุ่ม connect join เพื่อเชื่อมต่อคันบังคับ 36
ก.9 กดปุ่ม connect Drone เพื่อเชื่อมต่อยานบิน 37
ข.1 โปสเตอร์ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มา ความเป็นมา ความสำคัญ

ปัจจุบันได้มีการพัฒนายานบินที่มีขนาดเล็กที่มีความเสถียรมากขึ้น และที่สำคัญคือมีราคาไม่สูงนัก จึงเป็นเหตุให้เริ่มมีการนำยานบินขนาดเล็กเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมต่างๆมากขึ้นแทนการใช้อากาศยานขนาดใหญ่ อาทิเช่น การทำแผนที่ การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ การถ่ายทำภาพยนตร์ การขนส่ง เป็นต้น

แต่การควบคุมยานบินขนาดเล็กเหล่านี้ยังคงใช้เพียงรีโมทคอนโทรลที่เห็นได้โดยทั่วไป เป็นเหตุให้บุคคลที่จะสามารถบังคับยานบินเหล่านี้ได้ต้องมีความสามารถและประสบการณ์ในระดับหนึ่ง จึงจะสามารถควบคุมให้ยานบินขนาดเล็กทำกิจกรรมต่างๆได้ นอกจากนี้ระบบควบคุมในลักษณะดังกล่าวยังไม่มีการส่งข้อมูลสถานะต่างๆของเครื่องกลับมายังผู้ควบคุมให้รู้ถึงเหตุปัจจัยต่างๆที่มีโอกาสทำให้ยานบินเหล่านี้เกิดความเสียหายได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเล็งถึงการพัฒนาสถานีภาคสนามที่เหมาะสมกับยานบินขนาดเล็กเหล่านี้ โดยสถานีภาคสนามเหล่านี้สามารถแจ้งเตือนถึงสถานะต่างๆของเครื่อง และส่งภาพถ่ายจากกล้องที่ติดไปกับตัวยานบินกลับมาให้กับผู้ควบคุม นอกจากนี้สถานีภาคสนามต้องใช้งานง่ายมีระบบแจ้งเตือนและระบบช่วยเหลือต่างๆที่จำเป็นต่อผู้ควบคุม ในปัจจุบันก็มีการคิดค้นสถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กอยู่พอสมควร แต่สิ่งที่สถานีภาคสนามเหล่านั้นยังคงขาดไปคือความยืดหยุ่นของระบบที่สามารถใช้งานกับยานบินหลายๆรูปแบบ หลากหลายกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานบินขนาดเล็กนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น การถ่ายภาพจากมุมสูงเพื่องานรักษาความปลอดภัย การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติหรือสิ่งต่างๆที่ต้องใช้ภาพจากมุมสูง

รูปที่ 1.1 การถ่ายภาพมุมสูง

การติดอุปกรณ์ตรวจจับเฉพาะทางเพื่อเข้าไปในบริเวณที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปถึงได้ เช่น บริเวณที่มีแก๊สพิษ บริเวณที่อยู่สูงเป็นต้น

รูปที่ 1.2 นำยานบินขึ้นไปบริเวณที่อยู่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมาย

1) พัฒนาสถานีภาคสนามและส่วนควบคุมยานบินขนาดเล็กที่ใช้งานได้สะดวก

2) สามารถแจ้งเตือนถึงสถานะและบอกสภาวะการเปลี่ยนแปลงต่างๆของยานบิน

3) ใช้การมองจากภาพกล้องวิดีโอหรือภาพมุมมองบุคคลที่ 1

4) ให้ผู้สนใจยานบินและสถานีภาคสนามนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตการทำงาน

การพัฒนาโครงงานสถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ เป็นการพัฒนาชุดควบคุมยานบินขนาดเล็กที่มีการแสดงค่าสถานะหรือสภาวะการเปลี่ยนแปลงของเครื่องและตัวยานบินติดกล้องวิดีโอที่ใช้ประกอบการบังคับ จึงมีขอบเขตการพัฒนาดังต่อไปนี้

1) พัฒนาส่วนสถานีภาคสนาม

- หน้าจอแสดงสถานะ
- หน้าจอแสดงภาพถ่าย
- หน้าจอแจ้งเตือน
- การรับค่าจากอุปกรณ์บังคับ
- อุปกรณ์รับส่งสัญญาณไร้สาย

2) พัฒนาอุปกรณ์ส่วนยานบินขนาดเล็ก

- อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่
- อุปกรณ์ติดต่อ sensor
- อุปกรณ์ส่งสัญญาณไร้สาย
- กล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินงาน

1) กำหนดขอบเขตและความต้องการของระบบ

2) ออกแบบระบบ

3) จัดหาอุปกรณ์

4) พัฒนาและทดสอบระบบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ผู้ใช้งานระบบสามารถรู้ถึงสถานะของยานบินเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ

2) ผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมยานบินได้ไกลเกินกว่าระยะสายตา

3) ผู้ใช้สามารถควบคุมยานบินได้ง่ายยิ่งขึ้นผ่านคันบังคับ

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงงาน วิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 แนะนำความรู้พื้นฐาน ความรู้เบื้องต้นที่ควรเข้าใจและสังเกตปัญหาที่ควรพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 3 ออกแบบ กล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบให้ตรงตามสิ่งที่คาดหวัง พร้อมทั้งวิเคราะห์การเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม

บทที่ 4 การพัฒนาและทดสอบระบบ กล่าวถึง ขั้นตอนการพัฒนา ที่ประกอบด้วย การวางแผน การพัฒนา การและวิเคราะห์แก้ไขปัญหา รวมถึงสังเกตลัพธ์และบันทึกผล

บทที่ 5 สรุป กล่าวถึงการสรุปผลลัพธ์ของชิ้นงานว่าตรงตามจุดประสงค์ของโครงงานที่เราตั้งไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

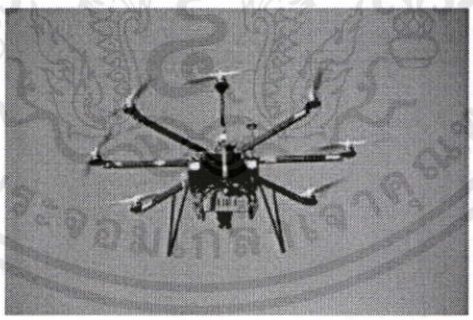
แนะนำความรู้พื้นฐาน

2.1 ความรู้เบื้องต้น

2.1.1 ระบบยานบินขนาดเล็กแบบอาร์พีวี

ระบบยานบินขนาดเล็กแบบอาร์พีวี (RPV Micro Aerial Vehicle System) คือระบบควบคุมสั่งการและบอกสถานะของยานบินขนาดเล็กได้จากระยะไกล ระบบจะทำการส่งคำสั่งควบคุมของผู้บังคับไปยังยานบิน และอ่านค่าจากเซนเซอร์ต่างๆพร้อมกับส่งภาพวิดีโอกลับมายังผู้บังคับที่อยู่สถานีภาคพื้น ประกอบด้วย

ยานบินขนาดเล็กหรือยานบินชนิดหลายใบพัด และใช้พลังงานจากไฟฟ้า (รูปที่ 2.1) ซึ่งในปัจจุบันยานบินชนิดนี่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ตัวอย่างเช่น งานสอดแนม งานถ่ายภาพจากมุมสูง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ยานบินขนาดเล็ก

กล้องและอุปกรณ์ส่งสัญญาณภาพไร้สาย เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับส่งภาพวิดีโอจากยานบินกลับมายังสถานีภาคพื้น โดยส่วนมากอุปกรณ์ส่งสัญญาณภาพไร้สายใช้คลื่นความถี่อยู่ในช่วง 5.8 GHz และสามารถส่งได้ในระยะทาง 1 ถึง 2 กิโลเมตร

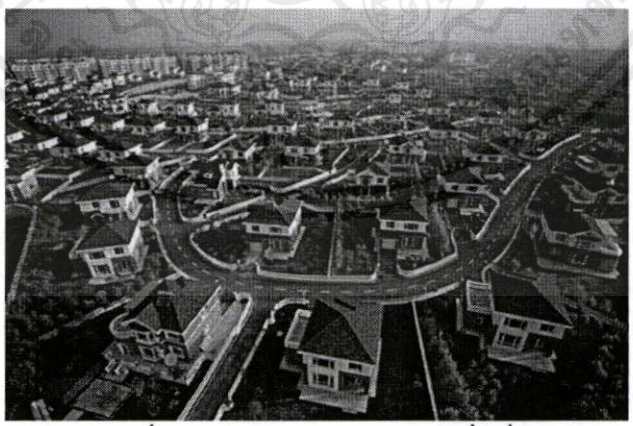
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีภาคสนามคือสถานีสำหรับควบคุมยานบินจากระยะไกล ในปัจจุบันสถานีภาคสนามที่นิยมใช้งานคือรีโมทบังคับชนิดแกน X-Y ซึ่งมีทั้งแบบติดจอภาพ(รูปที่ 2.2) และไม่ติดต่อภาพ

รูปที่ 2.2 รีโมทบังคับชนิดแกน X-Y ชนิดติดจอภาพ

2.1.2 อาร์พีวี (RPV: Remote Person View)

อาร์พีวี (RPV: Remote Person View) หรือ เอฟพีวี (FPV: First Person View) คือมุมมองการมองภาพในมุมมองของบุคคลที่หนึ่ง(รูปที่ 2.3) เสมือนมุมมองของนักบินผ่านกล้องที่ติดอยู่บนตัวยานบิน เพื่อให้ผู้บังคับสามารถควบคุมยานบินได้ไกลเกินกว่าระยะของสายตา

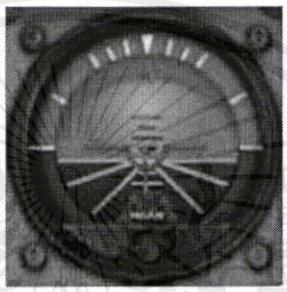


รูปที่ 2.3 มุมมองภาพแบบบุคคลที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มาตรวัดการบิน

มาตรวัดการบิน (Flight instrument) คือมาตรวัดสำหรับบอกสถานะของยานบินและผู้บังคับ ตัวอย่างเช่น มาตรวัดความเอียง (Attitude Indicator) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่สำคัญที่สุดของยานบินเพื่อบอกลักษณะยานบินเป็นหน่วยองศา ตามรูปที่ 2.4 หรือเข็มทิศ(Compass) สำหรับบอกทิศทางของยานบิน ตามรูปที่ 2.5 เป็นต้น



รูปที่ 2.4 มาตรวัดความเอียง

รูปที่ 2.5 เข็มทิศ

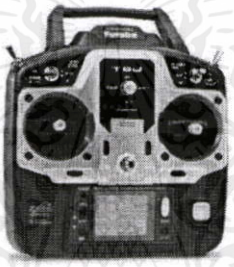
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัญหาและข้อบกพร่อง

ส่วนของปัญหาและข้อบกพร่องที่พบในสถานีภาคสนามที่มีอยู่ปัจจุบันมีอยู่ 2 หัวข้อที่เลือกนำมาปรับปรุงคือ อุปกรณ์บังคับ และการแจ้งสถานะของยานบิน

2.2.1 อุปกรณ์บังคับ

รีโมทบังคับชนิดแกน X –Y (รูปที่ 2.6) แม้จะเป็นรูปแบบที่สามารถเคลื่อนย้ายและพกพาได้สะดวก แต่อุปกรณ์บังคับชนิดนี้ต้องใช้เวลาสำหรับการฝึกฝนและเรียนรู้เป็นระยะเวลาช่วงหนึ่งผู้ใช้จึงจะสามารถใช้ได้อย่างชำนาญ



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์รีโมทชนิดแกน X-Y

2.2.3 การแจ้งสถานะของอากาศยาน

การควบคุมยานบินที่ไม่ทราบสถานะของยานบินทำให้ผู้บังคับต้องทำการประเมินและตัดสินใจจากทางสายตาและประสบการณ์ของผู้บังคับ ซึ่งในกรณีที่ยานบินเคลื่อนที่ออกไปจากระยะของสายตาของผู้บังคับก็หมายความว่าผู้บังคับจะไม่ทราบถึงสถานะใดๆของยานบิน จึงเป็นสาเหตุของข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางการบิน และยานบินแต่ละรุ่นก็อาจจะมีความสามารถหรือขีดจำกัดที่ต่างกัน ทำให้เป็นการยากที่ผู้บังคับจะสามารถบังคับยานบินรุ่นอื่นๆนอกเหนือจากที่บังคับได้ ตัวอย่างเช่น ยานบินที่ผู้บังคับใช้งานปกติสามารถบินได้เป็นระยะเวลา 10 นาที แต่เหมือนไปบังคับยานบินอีกรุ่นที่มีระยะเวลาทางการบินเพียง 8 นาที ผู้บังคับก็จะสามารถทราบและประเมินได้ทันทีจากการมองส่วนแจ้งสถานะแบตเตอรี่ เพื่อตรวจสอบระดับพลังงานแบตเตอรี่ไม่ให้เหลือน้อยเกินที่กำหนดไว้ ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานได้นาน รวมถึง ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากแบตเตอรี่หมดแล้วลงจอดในที่ที่ไม่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิเคราะห์ออกแบบ

3.1 การวิเคราะห์และเลือกอุปกรณ์

3.1.1 การวิเคราะห์ความต้องการ

ความต้องการของระบบสถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็กจากการมองภาพวิดีโอ สามารถวิเคราะห์ความต้องการออกมาได้ดังต่อไปนี้

1) สถานีภาคสนามต้องมีการแสดงค่าสถานะ ความเอียง ทิศทาง ความสูง พิกัด และปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือ
2) มีการส่งภาพวิดีโอจากกล้องที่ติดอยู่บนยานบินกลับมายังสถานีภาคสนาม เพื่อเป็นการบังคับในมุมมองบุคคลที่หนึ่ง
3) ใช้คับบังคับเป็นอุปกรณ์บังคับ
4) มีการแจ้งเตือนเมื่อยานบินมีสถานะผิดปกติ

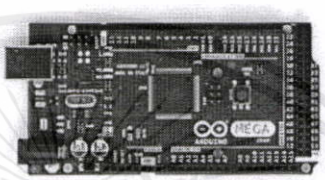
3.1.2 การเลือกอุปกรณ์

1) อุปกรณ์บังคับได้เลือกใช้ Logitech 3D Extreme Pro (รูปที่ 3.1) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายยูเอสบี เป็นรีโมทชนิดคันบังคับ เพราะเนื่องจากรีโมทชนิดนี้มีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกันกับคันบังคับบนยานบินขนาดใหญ่ ทำให้ผู้บังคับสามารถทำความเข้าใจการใช้งานได้รวดเร็วกว่ารีโมทชนิดแกน X-Y

รูปที่ 3.1 รีโมทชนิดคันบังคับ (Joystick)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อุปกรณ์บอร์ดควบคุมยานบิน ได้เลือกใช้ Arduino Mega 2560 (รูปที่ 3.2) มีช่องที่สามารถจ่ายสัญญาณ PWM 15 ขา ซึ่งเพียงพอสำหรับการควบคุมกล่องควบคุมการบิน (Flight Controller) ที่ต้องการอย่างน้อย 5 ขา มี UART ทั้งหมด 4 ชุด และมี ADC ที่ใช้สามารถวัดความดันไฟของของแบตเตอรี่ นอกจากนี้ตัวบอร์ดยังใช้ความดันไฟขนาด 7 – 12 โวลต์ ซึ่งตรงกับแบตเตอรี่ของยานบิน



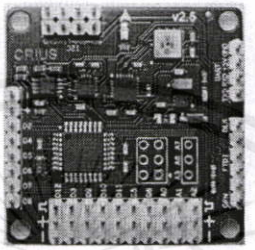
รูปที่ 3.2 Arduino Mega 2560

3) อุปกรณ์ส่งข้อมูลไร้สาย เพื่อใช้สำหรับรับส่งคำสั่งควบคุมและข้อมูลสถานะ ได้เลือกใช้ Xbee Pro S2 (รูปที่ 3.3) เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำเพื่อประหยัดแบตเตอรี่ในการบิน มีบิตเรตสูงพอที่สามารถรับส่งข้อมูลยานบิน รองรับระยะทางการส่งอยู่ที่ 1.6 กิโลเมตร และ มีคลื่นความถี่และกำลังส่งที่อยู่ภายใต้กฎหมายไทย

รูปที่ 3.3 Xbee Pro S2

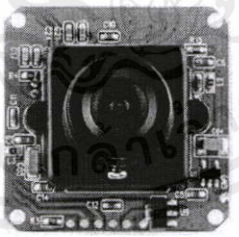
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) อุปกรณ์เซนเซอร์วัดสถานะต่างได้เลือกใช้ Multiwii (รูปที่ 3.4) เพราะสามารถวัดความเอียง ทิศทาง และความสูงได้ภายในบอร์ดเดียว และมีไลบรารี่สำเร็จรูปสำหรับการพัฒนาการอ่านค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ ซึ่งการอ่านค่าจาก Multiwii ใช้การสื่อสารผ่านโปรโตคอลของ Multiwii ทาง UART



รูปที่ 3.4 Multiwii

5) กล้องที่ใช้ติดตั้งบนยานบิน ได้เลือกใช้ LinkSprite JPEG Color Camera (รูปที่ 3.5) ที่มีความละเอียดต่ำเพราะว่าภาพที่ใช้ควบคุมไม่มีความจำเป็นต้องมีความละเอียดสูง เพียงแค่ให้ผู้บังคับสามารถระบุสิ่งต่างๆที่อยู่ภายในภาพได้ และเป็นอุปกรณ์กล้องขนาดเล็กที่กินกระแสไฟ 80 ถึง 100 mA ที่ให้สัญญาณวิดีโอออกมาในรูปแบบของสัญญาณ เอสวิดีโอ



รูปที่ 3.5 LinkSprite JPEG Color Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

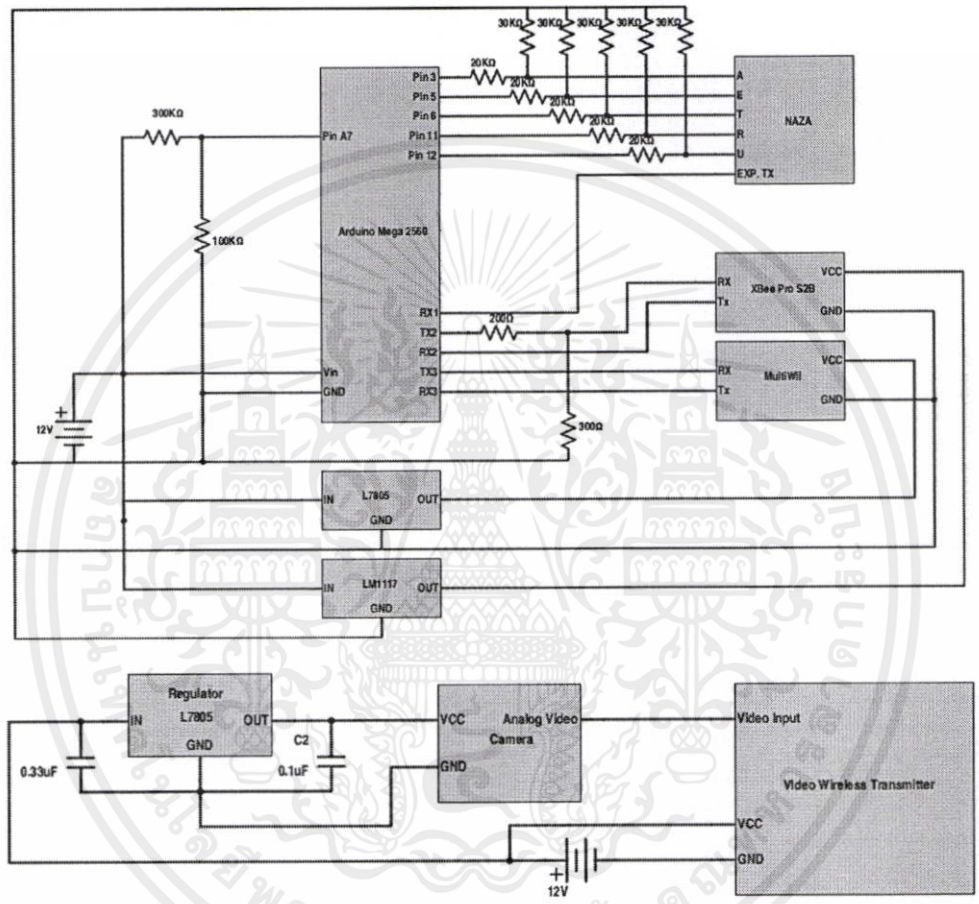
6) ตัวส่งสัญญาณภาพไร้สายที่เลือกใช้คือ tx58-2w AV Transmitter (รูปที่ 3.6) เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณวิดีโอไร้สายที่มีระยะทางในการส่งอยู่ที่ 2 กิโลเมตร และใช้คลื่นความถี่ 5.8 GHz

รูปที่ 3.6 tx58-2w AV Transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ออกแบบ

3.2.1 Schematic



รูปที่ 3.7 Schematic ลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Package protocol

1) Frame ข้อมูล TxData สำหรับส่งคำสั่งควบคุมจากสถานีภาคสนามไปยังยานบิน มีรายละเอียดตามตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 ตาราง TxData Frame

name	start	length	address	data	chksum
size(byte)	1	1	1	n	1
Data	0x24	n	0x01 = Control	[A][E][T][R]	length + address + data
			0x02 = mode	0x01 = GPS	
				0x02 = Manual	
				0x03 = Failsafe	
			0x03 = ping	[id number]	

Start: 0x24

Length: บอกขนาดของข้อมูลที่อยู่ใน field data

Address: บอกว่าข้อมูลที่อยู่ใน field data คืออะไร

- 0x01 คือขอ้มูลการควบคุม
- 0x02 คือข้อมูลเปลี่ยนโหมดของเครื่อง
- 0x03 คือ ping

Data: ข้อมูล

- 0x01 ในส่วนข้อมูลจะเป็น ค่าของ pitch roll throttle yaw ขนาดอย่างละ 1 byte รวมเป็น 4 bytes
- 0x02 ในส่วนข้อมูลจะเป็นค่าข้อมูลที่ใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงโหมดการบินของเครื่อง
- 0x03 คือเลขไอดีของ packet ping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chksum: คือ field parity ประเภท checksum ที่เกิดจากการบวกค่าใน field length address และ data

2) Frame ข้อมูล RxData สำหรับส่งคำสั่งควบคุมจากสถานีภาคสนามไปยังยานบิน มีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2

ตาราง 3.2 ตาราง RxData Frame

Name	start	length	address	data	chksum
size(byte)	1	1	1	n	1
Data	0x24	n	0x01 = state	0x00 = Connect	length + address + data
				0x01 = Warning	
			0x02 = multiwii	[X][Y][Compass]	
			0x03 = batt	[1 byte].[1 byte]	
			0x04 = ping	[id number]	
			0x05 = lat	[double 4 byte]	
			0x06=lon	[double 4 byte]	
			0x07=alt	[double 4 byte]	

Start: 0x24

Length: บอกขนาดของข้อมูลที่อยู่ใน field data

Address: บอกว่าข้อมูลที่อยู่ใน field data คืออะไร

- 0x01 คือข้อมูลสถานะของเครื่อง
- 0x02 คือข้อมูลมุมก้มมุมเงยและเข็มทิศ
- 0x03 คือ ข้อมูลแบตเตอรี่
- 0x04 คือ ping
- 0x05 คือ ข้อมูลละติจูด
- 0x06 คือ ข้อมูลลองจิจูด
- 0x07 คือ ข้อมูลความสูงจาก barometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data: ข้อมูล

- 0x01 คือข้อมูลสถานะของเครื่อง 0x00 คือสถานะปกติ 0x01 คือสถานะแจ้งเตือนเมื่อมีการส่งข้อมูลขาดตอนเกิน 1วินาที
- 0x02 คือข้อมูลมุมก้มมุมเงย ของแกน pitch และ roll ขนาดอย่างละ 1 byte และเข็มทิศขนาด 1 byte
- 0x03 คือ ข้อมูลแบตเตอรี่ เป็นเลขก่อนจุดทศนิยมขนาด 1 byte และหลังเลขทศนิยมขนาด 1 byte
- 0x04 คือ เลขไอดีของ packet ping
- 0x05 คือ ข้อมูลละติจูด เป็น float ขนาด 4 byte
- 0x06 คือ ข้อมูลลองจิจูด เป็น float ขนาด 4 byte
- 0x07 คือ ข้อมูลความสูงจาก barometer เป็น float ขนาด 4 byte

Chksum: คือ field parity ประเภท checksum ที่เกิดจากการบวกค่าใน field length address และ data

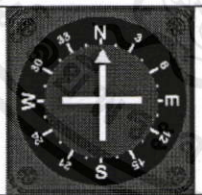
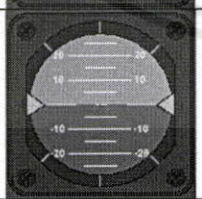
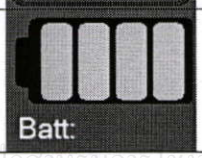
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 หน้าต่าง Software

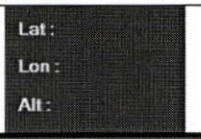
หน้าต่างแสดงผลมีส่วนตรงกลางเป็นส่วนแสดงวิดีโอ ส่วนมอนิเตอร์ต่างๆอยู่บริเวณทั้งสองด้าน และมีส่วนควบคุมอยู่บริเวณแถบด้านล่างของหน้าต่างโปรแกรม ตามรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.8 หน้าจอแสดงผลของสถานีสนาม

ตาราง 3.3 ตาราง ส่วนประกอบของหน้าต่างแสดงผล

		เข็มทิศใช้บอกทิศปัจจุบันที่ยานบินหันหน้าไปอยู่ ณ ปัจจุบัน
		ม้านวัดระดับความเอียงของเครื่อง ณ ปัจจุบัน
		สัญลักษณ์บอกระดับปริมาณแบตเตอรี่ที่อยู่บนยานบิน ณ ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ตำแหน่ง ละติจูด ลองติจูด และความสูงใน หน่วยเป็นเมตรของยานบิน ณ ปัจจุบัน
	ปุ่มสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ
	ส่วนมอนิเตอร์ลักษณ์การควบคุม และ ตำแหน่งของคันบังคับที่ผู้ใช้ควบคุม
	หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การพัฒนาและทดสอบระบบ

4.1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 4.1 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง	x	x	x	x												
2	วางแผนงาน				x	x	x										
3	ศึกษาความต้องการ			x	x	x	x	x	x								
4	ออกแบบพัฒนา				x	x	x	x	x	x	x						
5	แก้ไขและรวมระบบ						x	x	x	x	x	x	x				
6	การทดสอบ													x	x	x	x
7	จัดทำรายงาน															x	x

จากตารางที่ 1 แสดงถึงแผนการดำเนินงานในช่วงเทอมแรก ตั้งแต่ต้นเดือนสิงหาคมจนกระทั่งถึงปลายเดือนพฤศจิกายน โดยแผนการดำเนินงานมีทั้งหมด 7 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของปริญญานิพนธ์ รายงาน หรือบทความที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและวางแผนการทำโครงงาน

2. วางแผนงาน เป็นการวางแผนเพื่อกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของโครงงาน ร่างงบประมาณที่ต้องใช้ และเวลาการดำเนินงานในภาพรวมของโครงงาน

3. ศึกษาความต้องการ เป็นการศึกษาสิ่งต่างๆที่จำเป็นต่อการดำเนินทำโครงงาน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น และแนวทางการดำเนินงาน

4. ออกแบบและพัฒนา โครงงานหลังจากผ่านขั้นต้อนการศึกษาและวางแผน โดยได้แบ่งกลุ่มของการพัฒนาออกเป็นสามกลุ่มย่อย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1ส่วนยานบิน ที่ต้องพัฒนาคือ firmware control และตัวอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องติดขึ้นไปพร้อมกับยานบิน

4.2 ส่วนการติดต่อสื่อสาร ที่เป็นโมดูลใช้สำหรับติดต่อสื่อสารระหว่างยานบินและสถานีภาคพื้น

4.3 ส่วนสถานีภาคพื้น

5. แก้ไขและรวมระบบ เป็นกระบวนการที่เริ่มหลังจากที่พัฒนาระบบส่วนย่อยๆเสร็จสิ้น เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบส่วนย่อย และทำการรวมระบบส่วนย่อยต่างๆเข้าด้วยกัน

6. การทดสอบ ทำการทดสอบระบบทั้งในส่วนย่อยและภาพรวมอีกครั้งเมื่อนำระบบส่วนย่อยมาประกอบเข้าด้วย

7. จัดทำรายงาน เอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น แผนการดำเนินงาน ผลการดำเนินงาน และวิทยานิพนธ์

4.2 รายการอุปกรณ์

1. Joy stick: Logitech Extreme 3D Pro
2. Battery: Li-Po
3. Sensor kits
4. Monitor: LG 23M45H
5. Xbee Pro
6. Mini Xbee USB Dongle V2
7. Mini Xbee Converter
8. Embedded camera
9. Transmitter video: Boscam
10. Receiver video
11. Adapter video to usb : EasyCap Video Capture Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

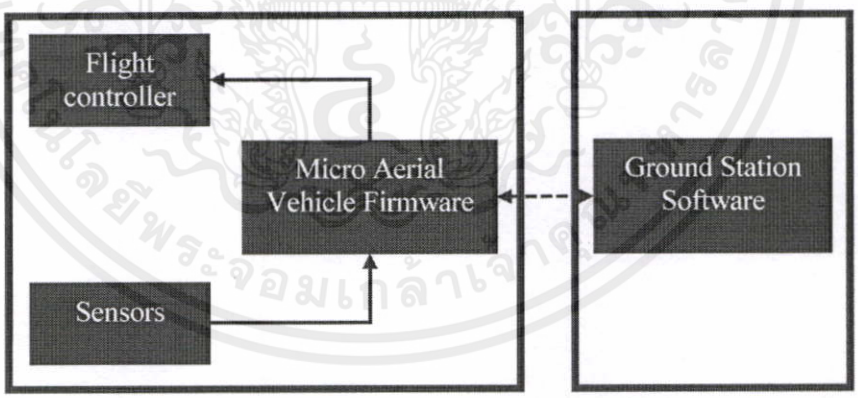
4.3 การพัฒนา

การพัฒนาสถานีภาคสนามสำหรับยานบินขนาดเล็ก ได้แบ่งส่วนการพัฒนาออกเป็นสามส่วน ดังนี้

1) ส่วนอุปกรณ์บนยานบิน เป็นส่วนของการพัฒนาชุดอุปกรณ์ที่จะนำไปติดตั้งบนยานบิน โดยใช้บอร์ด Arduino 2560 เป็นอุปกรณ์หลักเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของยานบินที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดต่อสื่อสาร และทำหน้าที่ติดต่อกับเซนเซอร์ต่างๆเพื่อส่งผลกลับไปยังสถานีภาคพื้นดิน

2) ส่วนการติดต่อสื่อสารเลือกใช้ Xbee Pro เป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารไร้สาร และออกแบบโปรโตคอลที่ใช้สำหรับติดต่อกันระหว่างสถานีภาคพื้นและยานบิน โดยโปรโตคอลดังกล่าวต้องมีทำให้เกิดความ Real-Time ในการควบคุมมากที่สุด

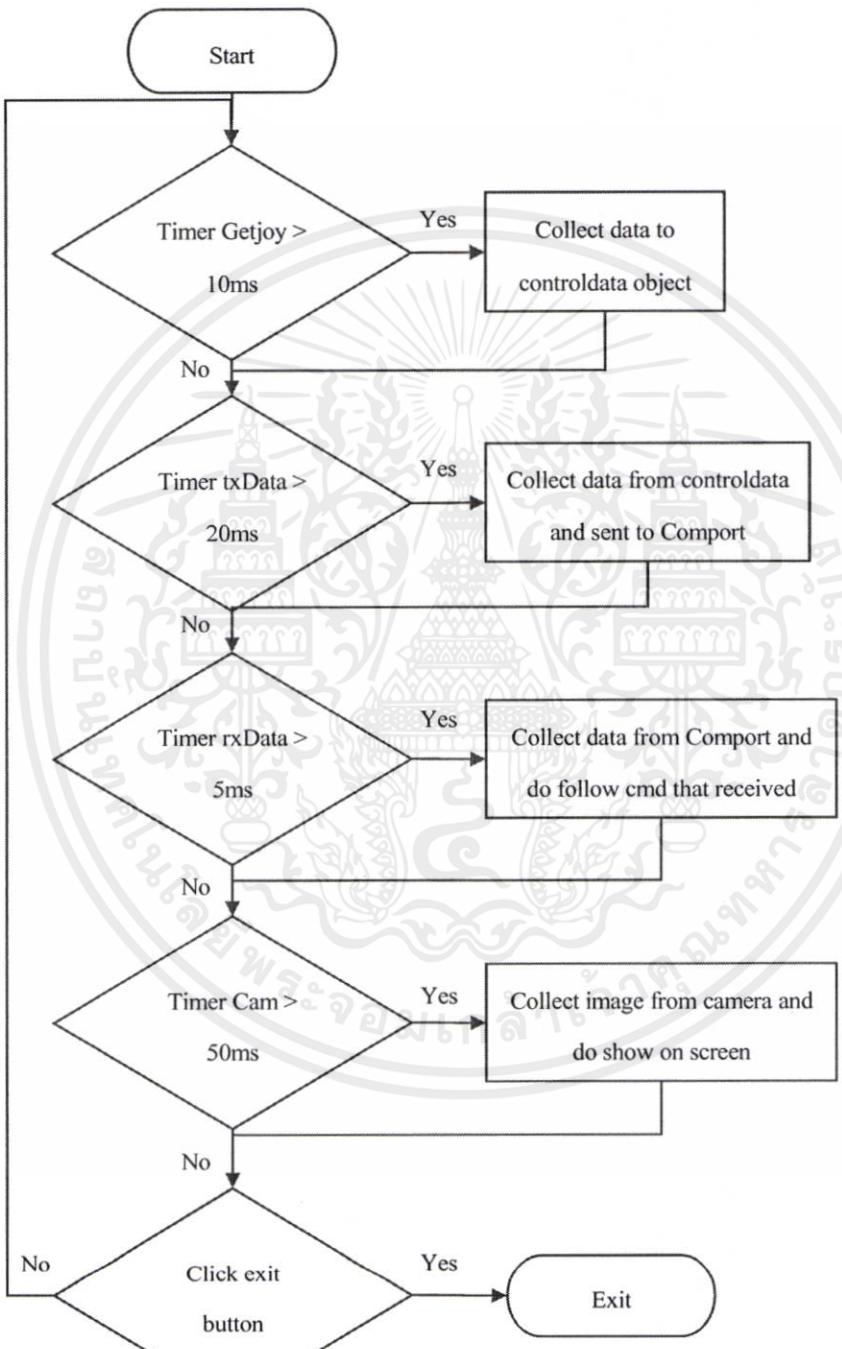
3) ส่วนสถานีภาคพื้น เลือกใช้ Visual C# ในการพัฒนาซอฟแวร์เพื่อใช้ควบคุมและติดต่อสื่อสารกับยานบิน โดยออกแบบให้มีความเหมาะสมสำหรับโปรแกรมควบคุมยานบิน ทั้งในเรื่องของการควบคุม และการแสดงค่าสถานะต่างๆ



รูปที่ 4.2 แนวทางการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

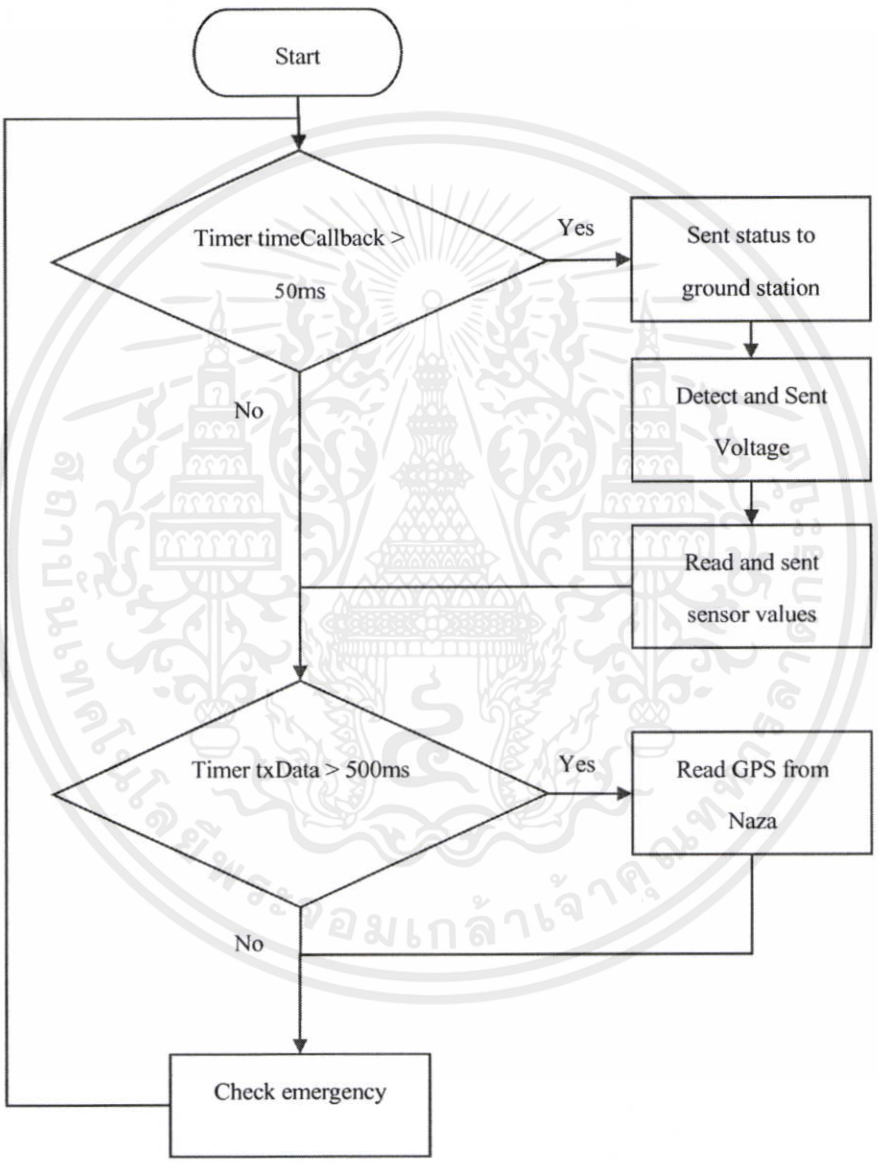
Flowchart การทำงานของ Ground Station Software เป็นตามรูปไดอะแกรมรูปที่ 4.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

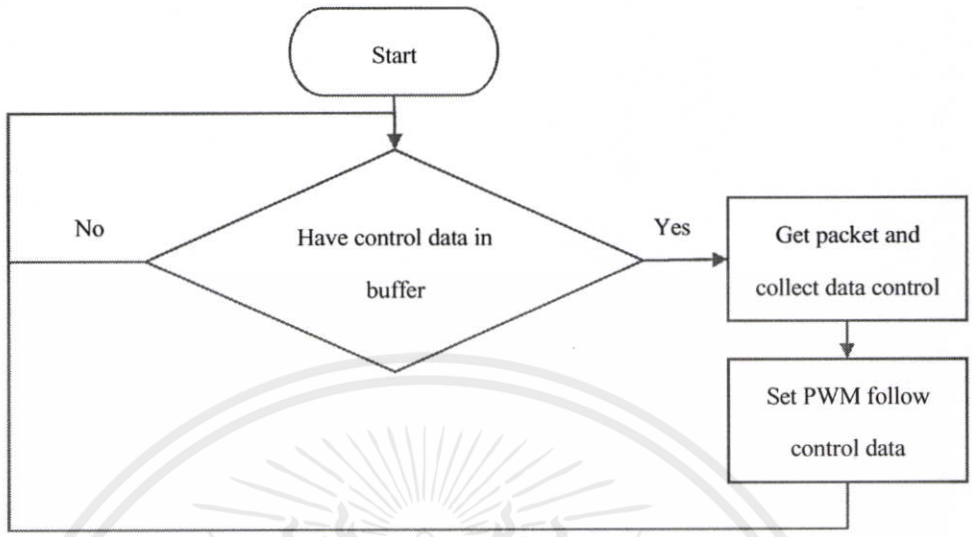
รูปที่ 4.3 การทำงานของ Ground Station Software

Flowchart การทำงานของ Micro Aerial Vehicle firmware เป็นตามรูปไดอะแกรมรูปที่ 4.4 และ 4.5



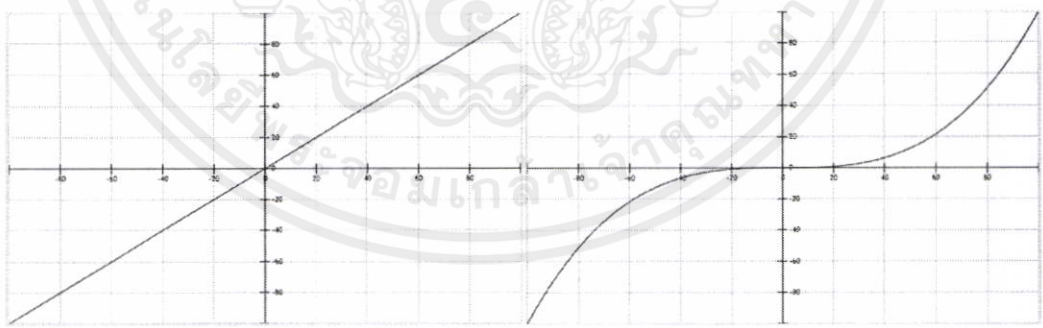
รูปที่ 4.4 การทำงานของ Micro Aerial Vehicle firmware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การทำงานของ Micro Aerial Vehicle firmware

ในการควบคุมยานบินโดยใช้จอยสติ๊กได้ใช้สมการกำลังสามเข้ามาคำนวน เนื่องจากคาดว่าสามารถทำให้ควบคุมยานบินได้เป็นธรรมชาติมากขึ้น โดยสมการที่ใช้เป็นตามรูปที่ 4.6



Linear Mode **Sensitive**

$Y = X$ $Y = 100 * (\frac{X}{100})^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 กราฟสมการกำลังสามสำหรับการควบคุม

4.4 ผลการดำเนินการ

4.4.1 อุปกรณ์ที่ได้ทำการจัดซื้อ

1. Joy stick: Logitech Extreme 3D Pro
2. Battery: Li-Po
3. Monitor: LG 23M45H
4. Xbee Pro
5. Mini Xbee USB Dongle V2
6. Mini Xbee Converter

4.4.2 สิ่งที่ได้นำดำเนินงานไปเป็นที่เรียบร้อย

1. ส่วนยานบินสามารถบินและควบคุมได้ผ่านคันบังคับจอยสติ๊ก
2. บอร์ดควบคุมสามารถควบคุมการเครื่องที่ของยานบิน
3. สามารถใช้ Xbee สำหรับติดต่อสื่อสารระหว่างบอร์ดควบคุมและคอมพิวเตอร์ผ่านการสื่อสารไร้สาย
4. การออกแบบโปรโตคอลสำหรับการติดต่อสื่อสาร
5. ติดต่อกับ joystick
6. บอร์ดควบคุมส่งค่าสถานะต่างๆจากบอร์ด sensor มายังคอมพิวเตอร์
7. ทดลองอุปกรณ์ส่งรับภาพ
8. ทดสอบสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่แสดงจากภาคสถานี
9. ทดสอบบังคับยานบินโดยมองจากภาพวิดีโอ
10. ทดสอบทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

ตารางที่ 4.2 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1	รีโมทบังคับ ไม่สามารถควบคุม CH6 ของ Receiver ได้	-	ทำการศึกษาคู่มือโดยละเอียด
2	ยานบินมีลักษณะการบินที่ปกติไม่สามารถควบคุมได้	แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	ทำการจัดหาแบตเตอรี่ชุดใหม่
3	มีปัญหาในการติดต่อกันระหว่าง Xbee pro สองตัว	ตั้งค่า Xbee ผิดพลาด	เปลี่ยน firmware จาก endpoint เป็น coordinator
4	Arduino ไม่สามารถคุยกับ Xbee ที่เป็น3.3 volt ได้	ใช้ R ในการ divide เยอะเกินไปจนกลายเป็น filter	ใช้ volt divider โดยให้ค่า R เท่ากัน 270,และ20 โอม
5	มี Delay ของการบังคับ	การจับค่าจาก Joystick ด้วยความถี่ที่น้อยเกินไป	เพิ่มความถี่เป็น 10 ms
6	โปรแกรมแสดงภาพค้าง	การดึงภาพจากกล้องในขณะที่กล้องยังไม่เปิดสมบูรณ์ ทำให้โปรแกรมค้าง	ใช้ฟังชั่นเช็คสถานะของกล้อง ก่อนทำการเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดสอบภาคสนาม

4.6.1 ทดสอบความนิ่งของเครื่อง

จุดประสงค์

1) เพื่อเฝ้าค้นหาสาเหตุของไฟสัญญาณเตือนจากชุดควบคุมการบิน

วิธีการทดสอบ

1) นำยานบินบินขึ้นอยู่เหนือพื้นดินประมาณ 2 เมตร แล้วปล่อยค้างให้ลอยอยู่กับที่

2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

ผลลัพธ์การทดลอง

1) มีไฟสัญญาณจาก Flight controller เริ่มกระพริบเป็นสีแดงทันทีที่นำเครื่องขึ้น

2) เมื่อหมุนเครื่อง เครื่องกับมีการเอียงเกิดขึ้นด้วย

3) DSC ที่ร้อนมีผลมากกับการควบคุม เพราะ กำลังของใบพัดตกอย่างเห็นได้ชัด

สรุป

1) เครื่องสามารถบินนิ่งได้อยู่กับที่ แม้สัญญาณไฟจะเป็นสีแดง (มีบางอย่าไม่ปกติ) และพบว่าสามารถเกิดจากไปตั้งค่า Firmware ของ ชุดควบคุมการบินผิด

2) เครื่องไม่สามารถคงระดับความสูงได้เมื่อบินไปได้ระยะหนึ่ง และมีอาการเอียงเมื่อหมุน คาดว่าสาเหตุอาจจะมาจาก DSC ร้อน

4.6.2 ทดสอบความนิ่งของเครื่อง

จุดประสงค์

1) ทำให้เครื่องบินนิ่ง และมีปัญหาในการควบุคม

วิธีการทดสอบ

1) นำยานบินบินขึ้นอยู่เหนือพื้นดินประมาณ 2 เมตร แล้วปล่อยค้างให้ลอยอยู่กับที่

2) ทดสองควบคุมเครื่องทีละแนวแกน

3) สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

ผลลัพธ์การทดลอง

1) เครื่องสามารถลอยนิ่งอยู่กับที่ได้

2) ควมคุมการเคลื่อนที่แกน x y ได้ปกติ

3) ขึ้นลงได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) มีปัญหาเมื่อสั่งให้เครื่องหมุนตามเข็มนาฬิกา โดยมีอาการคือ หมุนช้าและเครื่องเคลื่อนที่สูงขึ้นเมื่อหมุน การหมุนวนเข็มเป็นไปอย่างรวดเร็วผิดปกติ จนเกิดอาการเหวี่ยง

สรุป

1) สามารถอยู่นิ่งกับที่ได้

2) การเคลื่อนที่ปกติทุกอย่างยกเว้นการหมุน

4.6.3 ทดสอบหาอากาศเสียสมดุลเมื่อควบคุมด้วย ground station

จุดประสงค์

1) ทดสอบหาสาเหตุอาการเสียสมดุลของยานบินเวลาหมุนทวนเข็มนาฬิกา

วิธีการทดสอบ

1) ทดลองเปลี่ยนตำแหน่งของกล่องควบคุมจากตำแหน่งบนตัวเครื่อง ย้ายลงมาข้างล่าง

ผลลัพธ์การทดลอง

1) ยานบินไม่มีอาการเหวี่ยงเวลาควบคุม

สรุป

1) ยานบินเกิดอาการเหวี่ยงเนื่องจาก กล่องควบคุมที่ติดตั้งเพิ่มเติมไปบนยานบิน

4.6.4 ทดสอบการควบคุมโดยใช้ Ground station

จุดประสงค์

1) ทดสอบดูการตอบโต้ของยานบินเมื่อทำการบินจริง

วิธีการทดสอบ

1) ทดสอบการควบคุมในทิศการเคลื่อนที่ต่างๆ

ผลลัพธ์การทดลอง

1) ยานบินสามารถเคลื่อนที่ตรงตามรูปแบบที่ควบคุม

สรุป

1) สามารถควบคุมยานบินผ่านทาง Ground station ได้อย่างปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.5 ทดสอบระยะทางควบคุมโดยใช้ Ground station

จุดประสงค์

1) ทดสอบระยะทางที่สามารถควบคุมโดยใช้ Ground station

วิธีการทดสอบ

1) ทดสอบควบคุมยานบินจากฝั่งหนึ่งของสนามกีฬาไปอีกฝั่งที่มีระยะทางทั้งหมด 200 เมตร และบินกลับมายังจุดเริ่มต้น

ผลลัพธ์การทดลอง

1) ยานบินสามารถเคลื่อนไปยังอีกฝั่งของสนามและกลับมายังจุดเริ่มต้นได้

2) การควบคุมเป็นไปได้อย่างยากลำบากเนื่องจาก แสงแดดจ้าทำให้มองหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ไม่ชัด

สรุป

1) สามารถควบคุมยานบินเคลื่อนที่ไปกลับเป็นระยะไกลสุด 200 เมตร

2) ต้องสร้างอุปกรณ์บังแสงให้กับคอมพิวเตอร์

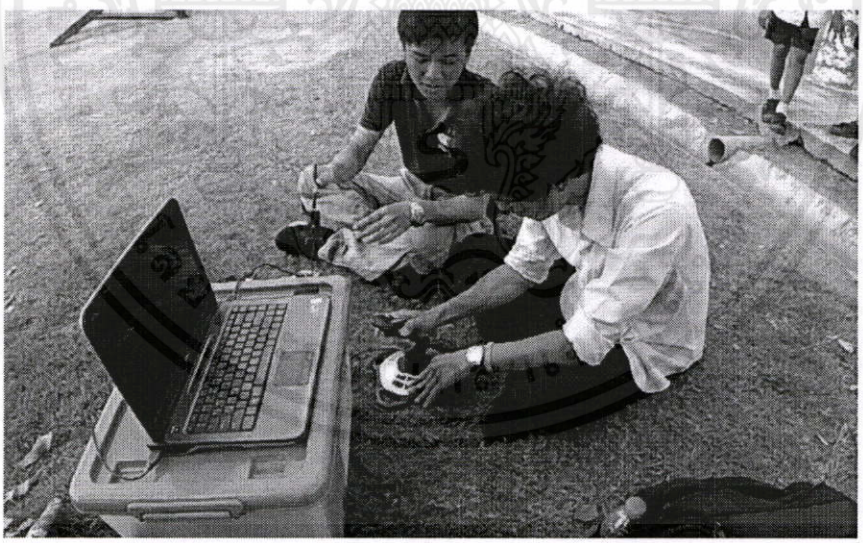
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

การจัดทำโครงงานได้เป็นไปตามแผนการที่วางไว้และบันทึกกิจกรรมในการทำโครงงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้สืบค้นเป็นขั้นเป็นตอนและโดยส่วนมากสามารถทำได้ตามแผนที่วางไว้ได้ มีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทำเล็กน้อยซึ่งกลุ่มข้าพเจ้าได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมและแก้ไขไปได้ด้วยดี และผลลัพธ์ของโครงงานที่ได้เป็นตามจุดประสงค์ที่กลุ่มของข้าพเจ้าได้ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนต้น

1) ต้องการพัฒนาให้สถานีภาคสนามและยานบินใช้งานได้ง่ายจากการทดสอบผู้ทดลองใช้งานสามารถนำยานบินขึ้นและบังคับยานบินให้เป็นไปตามความต้องการได้และใช้เวลาน้อย (2-3 นาที)

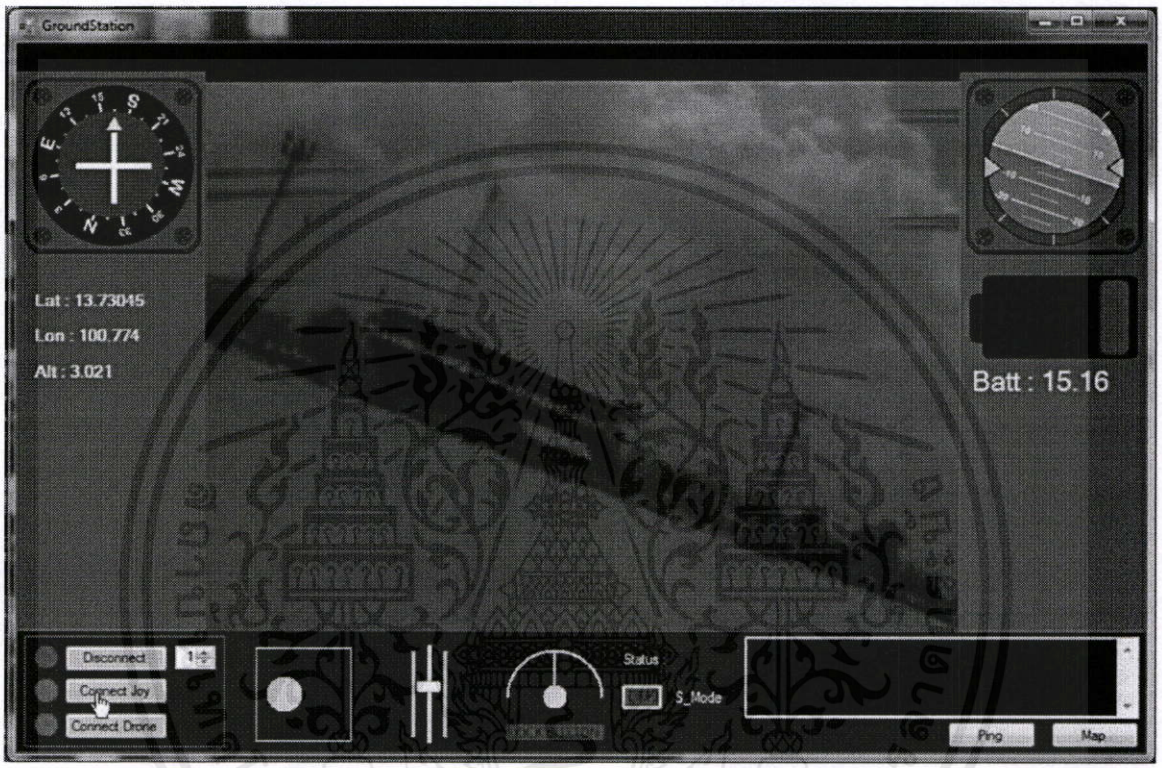


รูปที่ 5.1 ทดลองให้ผู้ใช้บังคับยานบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) บังคับยานบินจากการมองภาพวิดีโอหรือแบบมุมมองบุคคลที่หนึ่ง

3) มีค่าสถานะแจ้งเตือนสภาวะการเปลี่ยนแปลงของยานบินให้ผู้บังคับยานบินได้ทราบ



รูปที่ 5.2 หน้าจอที่แสดงค่าสถานะของยานบินและภาพที่ใช้ในการบังคับยานบินในส่วนของภาคสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ให้ผู้สนใจนำยานบินไปและสถานีภาคพื้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

รูปที่ 5.3 แนะนำการใช้งานให้ผู้สนใจในสถานีภาคสนามและยานบินไปใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Emgu library. [Online]

Available: http://sourceforge.net/projects/emgucv/files/emgucv/

Flight gauges. [Online]

Available: http://www.nuclearprojects.com/ins/attitude_indicator.shtml

Multiwii Serial Protocol. [Online]

Available: http://www.multiwii.com/wiki/index.php?title=Multiwii_Serial_Protocol

Naza M. [Online]

Available: http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=1995704

SlimDX. [Online]

Available: http://slimdx.org/

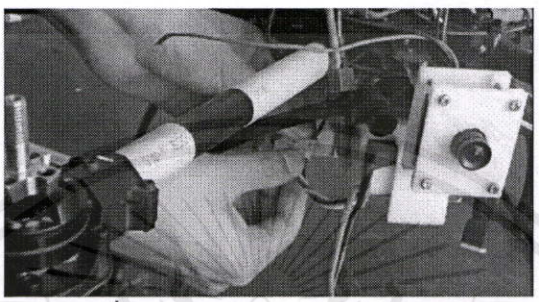
Flight instrument. [Online]

Available: http://www.thaiflight.com/download/tutorial/Basic03.pdf

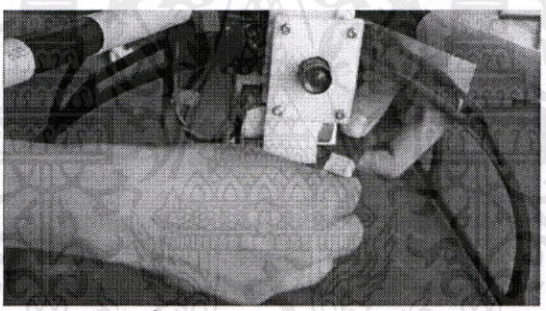
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

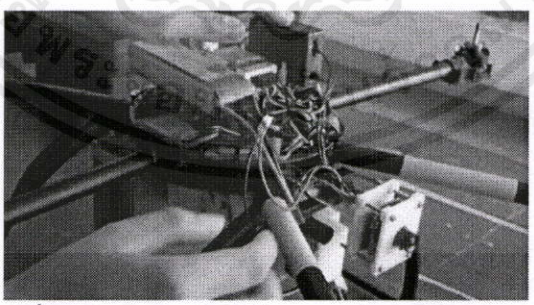
การใช้งานสถานีภาคสนามและยานบิน



รูป ก.1 เชื่อมต่อสายจ่ายไฟให้กับกล่องควบคุม

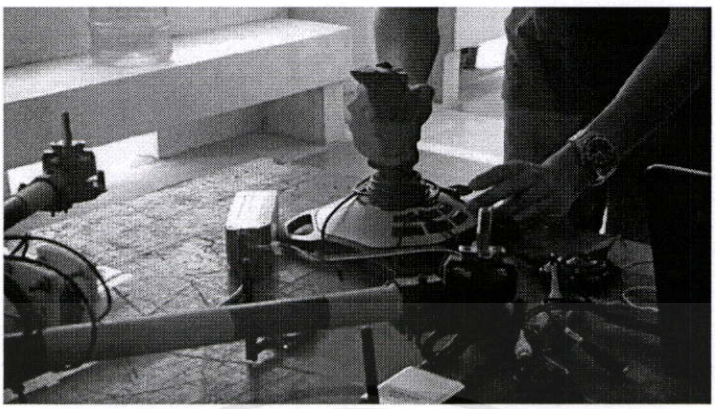


รูป ก.2 เชื่อมต่อสายจ่ายไฟให้กับยานบิน

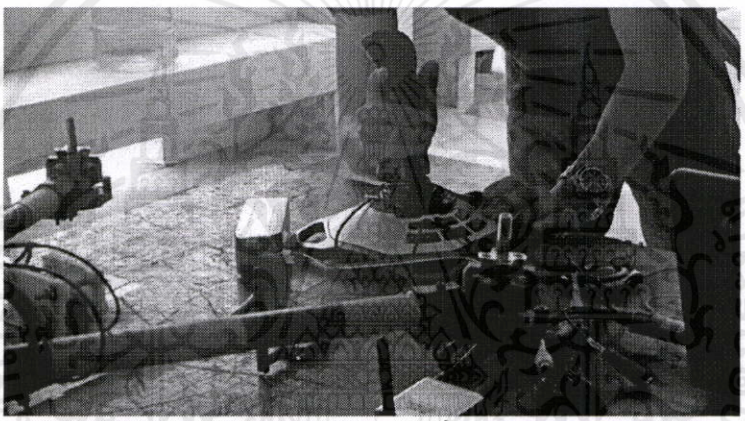


รูป ก.3 เชื่อมต่อสายจ่ายไฟให้กับชุดกล้องและชุดส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.4 บิดคันหมุนทวนเข็มนาฬิกา



รูป ก.5 โยกคันบังคับมาที่มุมล่างขวา

รูป ก.6 กดปุ่มบริเวณหัวแม่มือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ก.7 กุดปุ่ม connect camera เพื่อเชื่อมต่อภาพ

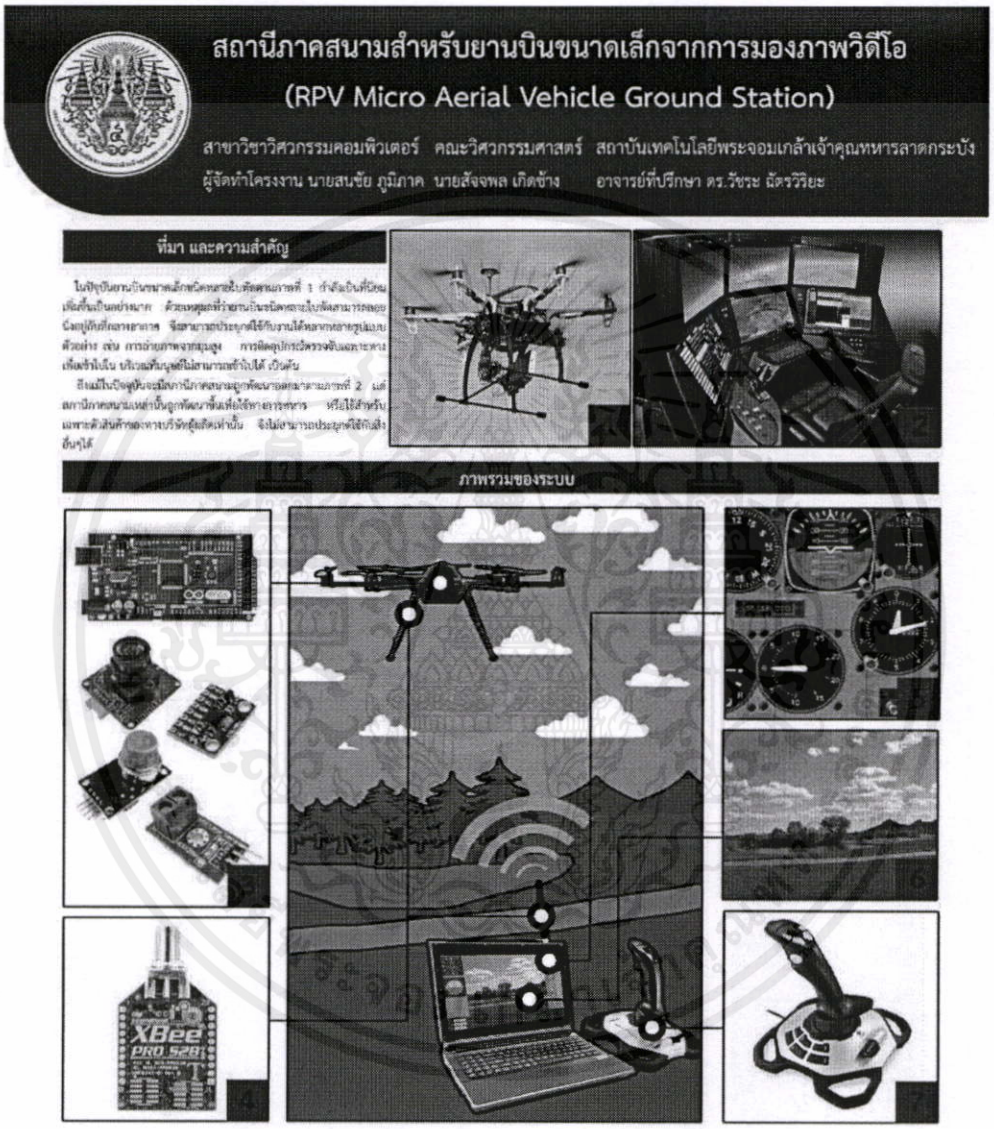
รูป ก.8 กดปุ่ม connect join เพื่อเชื่อมต่อคันบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ก.9 กดปุ่ม connect Drone เพื่อเชื่อมต่อยานบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ภาพรวมของระบบ



ชุดคำสั่งบนยานบินจะประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ และอุปกรณ์วัดค่าสถานะต่างๆ อาทิเช่น เซนเซอร์วัดปริมาณแสงเลเซอร์ เซนเซอร์วัดความเอียง กล้อง และเซนเซอร์อื่นๆ ตามภาพที่ 5

อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่เลือกใช้ช่วง คลื่นความถี่ 2.4 GHz สามารถส่งได้ รัศมีทางในที่โล่ง 1.6 กิโลเมตร กินไฟ50mW และมีน้ำหนักเบา มี bandwidth การส่งข้อมูลสูงสุดคู่ที่ 250kbps ตามภาพที่ 6

หน้าต่างของโปรแกรมควบคุมยานบินจะมีส่วนแสดงค่าสถานะตามภาพที่ 5 ด้วยการแบบด้วยสัญลักษณ์ที่จำลองจากและควบคุมที่ใช้บนยานบินจริงเพื่อทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจถึงสถานะของยานบินได้ง่ายขึ้น

เพิ่มเติมภาพมุมมองของบุคคลที่สามภาพที่ 6 จากกล้องที่ติดตั้งบนยานบินเพื่อเพิ่มระยะสายตาของผู้บังคับและทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะผู้กลับมายังยานบิน

จากสัมภาษณ์อุปกรณ์ควบคุมเป็นวิธีไมโครซอฟ ได้ทำการเปลี่ยนเป็นคันบังคับชนิดเกมคอนโทรเลอร์ ภาพที่ 7 เพื่อเพิ่มความเป็นธรรมชาติในการควบคุมยานบินสำหรับผู้ใช้

รูป ข.1 โปสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้